



**PENGENDALI SUHU OTOMATIS PADA MESIN PENGERING ELEKTRIK  
DENGAN MODEL *DIMMER* (PEREDUPAN) BERBASIS ATMEGA16A**

**PROYEK AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



**Disusun oleh :  
Reza Mufti Al Ghani  
NIM. 13506134005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2016**

PERSETUJUAN

PROYEK AKHIR

Dengan Judul

PENGENDALI SUHU OTOMATIS PADA MESIN PENGERING ELEKTRIK  
DENGAN MODEL *DIMMER* (PEREDUPAN) BERBASIS ATMEGA16A

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Reza Mufti Al Ghani

NIM. 13506134005

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan

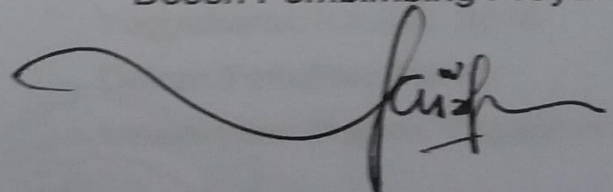
Di depan Dosen Penguji Tugas Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Guna memperoleh gelar Ahli Madya

Yogyakarta, 27 Mei 2016

Dosen Pembimbing Proyek Akhir



Rustam Asnawi, ST., MT., Ph.D  
NIP. 19720127 199702 1 001



**PENGESAHAN**

**PROYEK AKHIR**

Dengan Judul

**PENGENDALI SUHU OTOMATIS PADA MESIN PENGERING ELEKTRIK  
DENGAN MODEL *DIMMER* (PEREDUPAN) BERBASIS ATMEGA16A**

Disusun oleh:

**Reza Mufti Al Ghani**

**NIM. 13506134005**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 17 Juni 2016

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

**DEWAN PENGUJI**

**Nama/Jabatan**

**Tanda Tangan**

**Tanggal**

Rustam Asnawi, ST., MT., Ph.D

(Ketua Penguji/Pembimbing)

Toto Sukisno, S.Pd., M.Eng

(Penguji)

Herlambang Sigit P, ST., M.Cs

(Sekretaris Penguji)

22 - 07 - 2016

22 - 07 - 2016

20 - 07 - 2016

Yogyakarta, 22 Juli 2016

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta



**Dr. Widarto, M.Pd**

**NIP. 19631230 198812 1 001**



## PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

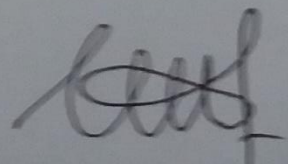
Nama : Reza Mufti Al Ghani  
NIM : 13506134005  
Prodi : Teknik Elektro-D3  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul proyek akhir :

**PENGENDALI SUHU OTOMATIS PADA MESIN PENGERING ELEKTRIK  
DENGAN MODEL *DIMMER* (PEREDUPAN) BERBASIS ATMEGA16A**

Menyatakan bahwa proyek akhir ini benar – benar merupakan karya sendiri. Karya ini saya buat sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Sepanjang pengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata tulis yang lazim.

Yogyakarta, 27 Mei 2016

Yang menyatakan



**Reza Mufti Al Ghani**  
**NIM. 13506134005**

## **MOTTO**

**“UNTUK MENJADI SUKSES, KITA HARUS BERANI MELEWATI KONDISI  
YANG SULIT”**

**(MERRY RIANA)**

**“BERUSAHA DAN BERIMAN KEPADA ALLAH SWT MERUPAKAN 2 HAL  
YANG HARUS DIKERJAKAN BERSAMAAN, KARENA JIKA BERUSAHA  
TANPA BERIMAN KEPADA ALLAH SWT ATAU SEBALIKNYA SEMUANYA  
AKAN SIA – SIA”**

**(SUSANTO SE)**

**“HIDUPLAH DI JALAN ALLAH SWT UNTUK SELALU MEMPEROLEH YANG  
TERBAIK”**

**(PENULIS)**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya ini kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sehingga tidak ada kesulitan yang tidak bisa diselesaikan dalam pengerjaan proyek akhir ini
2. Kedua orang tua, Ayah (Susanto) dan Ibu (Miftahul Khasanah) yang tak pernah lelah untuk selalu memberi dukungan, perhatian, kasih sayang dan do'a untuk keberhasilan anak – anaknya
3. Kakak (Egie Alifsa Fiandika) dan Adik (Adrian Hilmi Fauzan) yang selalu memberikan semangat dan do'a
4. Kakek dan Nenek, orang tua dari ibu (H. Watidjo & Hj. Watoyah) dan orang tua dari ayah (Alm. H. Achmadi & Alm. Hj. Carwati) yang selalu mendo'akan cucunya
5. Ibu angkat (Kasminah) yang telah merawat saya sejak kecil dan selalu memberikan do'a terbaiknya
6. Teman – teman kelas B 2013 dan tim futsal Taxi Gelap terimakasih atas kebersamaannya
7. Untuk segenap pembaca sekalian

# **PENGENDALI SUHU OTOMATIS PADA MESIN PENGERING ELEKTRIK DENGAN MODEL *DIMMER* (PEREDUPAN) BERBASIS ATMEGA16A**

oleh:

Reza Mufti Al Ghani

NIM. 13506134005

## **ABSTRAK**

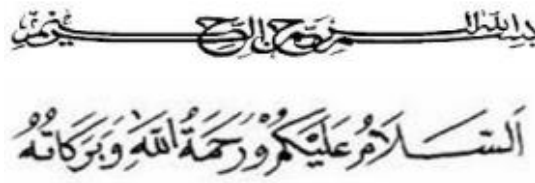
Proyek akhir ini yang berjudul “pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A” dilakukan dengan tujuan untuk dapat merealisasikan rancangan alat dan mengetahui unjuk kerja dari pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A yang akan digunakan untuk pengeringan daun mengkudu pada proses pembuatan aditif pakan organik untuk unggas yang di produksi oleh CV. Holstein Indonesia.

Pembuatan proyek akhir ini menggunakan beberapa tahap yaitu: (1) Analisis kebutuhan sistem, (2) Konsep rancangan, (3) Pembuatan, dan (4) Pengujian. Alat ini terdiri atas komponen – komponen penting yaitu mekanik, catu daya, sistem kontrol, *zero crossing detector*, *TRIAC voltage controller*, *LED seven segment*, sensor suhu LM35, dan *push button*.

Hasil pengujian alat menunjukkan bahwa tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan akan selalu berubah - ubah tergantung dari pembacaan sensor suhu terhadap suhu pengeringan. Ketika suhu yang terbaca mendekati *setpoint* atau suhu acuan maka tegangan, arus, dan daya akan semakin kecil, tetapi jika suhu yang terbaca kurang dari *setpoint* atau suhu acuan maka tegangan, arus, dan daya akan semakin besar. Alat ini membutuhkan waktu 2 menit 10 detik untuk mencapai suhu 60°C, sedangkan untuk mengeringkan daun mengkudu alat ini membutuhkan waktu 4 jam 30 menit dengan daya sebesar 37,8 Watt.

**Kata kunci:** *dimmer*, pengendali suhu otomatis, dan mesin pengering elektrik.

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan proyek akhir ini dengan judul “Pengendali Suhu Otomatis Pada Mesin Pengering Elektrik Dengan Model *Dimmer* (Peredupan) Berbasis ATmega16A” di Universitas Negeri Yogyakarta. Proyek akhir ini merupakan salah satu persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya pada program Diploma-III Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Program Studi D3-Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. Proyek akhir ini dapat diselesaikan tak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bantuan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Rustam Asnawi, ST., MT., Ph.D selaku Pembimbing Proyek Akhir, Pembimbing Akademik, dan Ketua Penguji Proyek Akhir
2. Bapak Toto Sukisno, S.Pd.,M.Eng., selaku Penguji Proyek Akhir
3. Bapak Herlambang Sigit P, ST., M.Cs., selaku Sekretaris Proyek Akhir
4. Bapak Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
5. Bapak Moh Khairudin, M.T, Ph.D. selaku Ketua Program Studi D3-Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
6. Bapak Dr. Widarto, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta



7. Para Dosen, Teknisi Lab, dan Staff Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah memberikan bantuan selama ini
8. Orang Tua yang telah memberikan semangat, dukungan, do'a, dan kesempatan untuk menggapai cita – cita
9. Seluruh teman-teman kelas B 2013 serta mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro angkatan 2013 Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dan semangatnya
10. Semua pihak yang telah memberikan bantuan moral maupun material sehingga proyek akhir ini dapat selesai dengan cepat.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, Penulis menyadari dalam pembuatan proyek akhir ini masih jauh dari sempurna. Saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan guna menyempurnakan laporan proyek akhir ini. Semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Yogyakarta, 27 Mei 2016

Penulis

**Reza Mufti Al Ghani**  
**NIM. 13506134005**

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
MOTTO .....	v
PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv

## BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	3
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan.....	4
F. Manfaat.....	4
G. Keaslian Gagasan.....	5

## **BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

A. Mesin Pengering Elektrik.....	6
B. Pengendali Suhu Otomatis.....	6
C. Rangkaian <i>Dimmer</i> .....	7
D. Catu Daya.....	8
1. IC Regulator .....	8
2. Transformator <i>Step Down</i> .....	10
3. Kapasitor .....	10
4. Dioda.....	11
E. <i>Zero Crossing Detector</i> .....	12
F. <i>TRIAC Voltage Controller</i> .....	13
G. Sensor Suhu LM35 .....	14
H. <i>LED Seven Segment</i> .....	15
I. <i>Push Button</i> .....	16
J. Mikrokontroler ATmega16A.....	18

## **BAB III KONSEP PERANCANGAN ALAT**

A. Analisis Kebutuhan Sistem.....	23
B. Konsep Rancangan.....	26
C. Pembuatan Alat .....	30
D. Rencana Pengujian Dan Pengambilan Data .....	34
E. Prosedur Pengujian.....	36
F. Lokasi Pengujian Dan Pengambilan Data .....	37

## **BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Pengujian Alat.....	38
B. Hasil Pengujian Alat .....	39
1. Rangkaian <i>Push Button</i> .....	39
2. Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> .....	40
3. Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> .....	41
4. Sensor Suhu LM35.....	42
5. Kinerja Alat.....	43
C. Pembahasan.....	45

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	50
B. Keterbatasan Alat.....	51
C. Saran .....	51

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>53</b>
----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>
----------------------	-----------



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rangkaian <i>Dimmer</i> .....	7
Gambar 2. Rangkaian Catu Daya Teregulasi Tegangan Positif .....	8
Gambar 3. Susunan Kaki IC Regulator .....	9
Gambar 4. Penampang Trafo .....	10
Gambar 5. Prinsip Dasar Kapasitor .....	11
Gambar 6. Simbol Dioda.....	12
Gambar 7. Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> .....	12
Gambar 8. Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> .....	13
Gambar 9. Susunan Kaki Sensor Suhu LM35.....	14
Gambar 10. <i>LED Seven Segment Common Cathode</i> .....	16
Gambar 11. <i>Seven Segment Common Anode</i> .....	16
Gambar 12. Bentuk Dan Simbol <i>Push Button</i> .....	17
Gambar 13. Konfigurasi PIN ATmega16 <i>PDIP</i> .....	19
Gambar 14. Blok Diagram .....	26
Gambar 15. Rangkaian <i>Push Button</i> .....	27
Gambar 16. Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	27
Gambar 17. Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> .....	28
Gambar 18. Rangkaian Sistem Minimum ATmega16A .....	28
Gambar 19. Rangkaian <i>LED Seven Segment</i> .....	29
Gambar 20. Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> .....	29
Gambar 21. Desain Box Kemasan Alat .....	32
Gambar 22. <i>Flowchart</i> Program.....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tipe Regulator dan Batasan Tegangan Masukan .....	9
Tabel 2. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada <i>PORT A</i> .....	20
Tabel 3. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada <i>PORT B</i> .....	21
Tabel 4. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada <i>PORT C</i> .....	21
Tabel 5. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada <i>PORT D</i> .....	22
Tabel 6. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega16A.....	24
Tabel 7. Rangkaian Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> .....	25
Tabel 8. Komponen Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> .....	26
Tabel 9. Pengujian <i>Push Button (Up, Down, dan Set)</i> .....	35
Tabel 10. Rencana Pengujian Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> .....	35
Tabel 11. Rencana Pengujian Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> .....	35
Tabel 12. Rencana Pengujian Sensor Suhu LM35.....	36
Tabel 13. Rencana Pengujian Kinerja Alat.....	36
Tabel 14. Data Hasil Pengujian <i>Push Button (Up, Down, dan Set)</i> .....	39
Tabel 15. Data Hasil Pengujian Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> .....	40
Tabel 16. Data Hasil Pengujian Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> .....	41
Tabel 17. Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35.....	42
Tabel 18. Kinerja Alat .....	44
Tabel 19. Perbandingan Kinerja 2 Mesin Pengering Elektrik Otomatis.....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rangkaian Catu Daya 5V Pada Aplikasi <i>ARES Proteus</i> .....	56
Lampiran 2. Susunan Komponen Rangkaian Catu Daya 5V Pada PCB ..	56
Lampiran 3. Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> Pada Aplikasi <i>ARES Proteus</i> .....	57
Lampiran 4. Susunan Komponen Rangkaian <i>TRIAC Voltage Controller</i> Pada PCB .....	57
Lampiran 5. Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> Pada Aplikasi <i>ISIS Proteus</i> .....	58
Lampiran 6. Susunan Komponen Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> Pada PCB .....	58
Lampiran 7. Susunan <i>Port Input</i> dan <i>Output</i> Pada Mikrokontroler <i>ATmega16A</i> .....	59
Lampiran 8. Bentuk Fisik Dari Box Kontroler.....	59
Lampiran 9. Pengambilan Data.....	60
Lampiran 10. Program .....	60

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Salah satu proses pembuatan aditif pakan organik di CV. Holstein Indonesia adalah pengeringan daun mengkudu (*Morinda citrifolia*). Saat ini proses pengeringan daun mengkudu masih banyak menggunakan energi konvensional, yaitu dengan bantuan sinar matahari yang memiliki kelemahan pada saat musim penghujan sulit untuk dapat mengeringkan daun mengkudu dengan cepat dan mempunyai kualitas yang baik. Dalam pembuatan aditif pakan organik ini, daun mengkudu mempunyai peranan yang cukup penting karena merupakan bahan dasar utama. Oleh karena itu, perlu adanya pengganti sinar matahari sebagai pengering daun mengkudu. Salah satu pengganti sinar matahari dalam proses pengeringan daun mengkudu ini adalah mesin pengering (*Oven*).

Berkembangnya berbagai teknologi modern dan otomasi alat elektronik saat ini menjadikan berkembangnya mesin pengering, baik itu mesin pengering yang menggunakan *liquefied petroleum gas* (LPG) dan mesin pengering yang menggunakan energi listrik sebagai sumber panasnya atau biasa disebut dengan mesin pengering elektrik. Keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, yaitu pada mesin pengering yang menggunakan *liquefied petroleum gas* (LPG) sebagai sumber panasnya membutuhkan ruangan yang cukup luas dan tidak dapat bekerja secara otomatis, sedangkan mesin pengering elektrik tidak membutuhkan ruangan yang cukup luas dan dapat bekerja secara otomatis.



Pembuatan aditif pakan organik ini memanfaatkan vitamin, protein, mineral, zat anti bakteri dan beberapa senyawa lain yang terkandung di dalam daun mengkudu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), zat yang terkandung di dalam daun mengkudu akan tetap terjaga khasiatnya pada suhu pengeringan 60°C, sehingga untuk mendapatkan suhu pengeringan tersebut perlu adanya pengendalian suhu dalam proses pengeringan. Pengendalian suhu ini bertujuan untuk dapat mengendalikan suhu yang ada di dalam mesin pengering. Kendali suhu yang dapat digunakan adalah thermostat digital yang bekerja berdasarkan prinsip *Auto Cut Off*, sehingga suhu akan disesuaikan dengan *set point* (suhu acuan).

Dalam pengendalian suhu ini terdapat dua pemodelan yang dapat digunakan, yaitu *on/off* menggunakan relai dan dengan model *dimmer* (peredupan). Pengendalian suhu dengan menggunakan relai akan membutuhkan energi yang besar, karena pada pemodelan ini akan mengakibatkan lonjakan arus ketika rangkaian berubah dari kondisi *off* ke *on* yang terjadi secara terus menerus. Berbeda dengan model *dimmer* yang hemat energi dan bekerja dengan cara mempertahankan suhu sesuai dengan suhu acuan, sehingga tidak menggunakan prinsip *on/off* pada rangkaian yang menyebabkan terjadinya lonjakan arus.

Berdasarkan latar belakang di atas penulis akan merancang dan membuat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A yang bertujuan untuk mengendalikan suhu pengeringan daun mengkudu. Dimana pengendali suhu

ini akan bermanfaat untuk menjaga zat yang terkandung di dalam daun mengkudu dan diharapkan dapat bekerja secara hemat energi.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka dapat dibuat suatu identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Belum adanya mesin pengering elektrik yang bekerja secara otomatis dengan model *dimmer* (peredupan) dalam pembuatan aditif pakan organik.
2. Energi listrik yang dikeluarkan cukup besar akibat dari sistem kendali *on/off*.

## **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, perlu adanya pembatasan masalah sehingga ruang lingkup permasalahan lebih jelas. Penulis membatasi masalah untuk membuat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A.

Alat ini bekerja dengan memanfaatkan sensor suhu LM35 untuk membaca suhu ketika mesin pengering elektrik dioperasikan. Hasil pembacaan suhu oleh sensor suhu LM35 akan diolah dan disimpan mikrokontroler ATmega16A sebelum ditampilkan melalui *Light emitting diode seven segment*.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A?
2. Bagaimana unjuk kerja dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A?

#### **E. Tujuan**

Proyek akhir yang berjudul “Pengendali Suhu Otomatis pada Mesin Pengering Elektrik Dengan Model *Dimmer* (Peredupan) Berbasis ATmega16A” ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merealisasikan rancang bangun dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A.
2. Mengetahui unjuk kerja dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A.

#### **F. Manfaat**

Diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pembuatan alat ini, yaitu:

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Sebagai sarana penerapan pengetahuan yang di dapat di bangku pendidikan.

- b. Sebagai bentuk karya mahasiswa terhadap Universitas dalam daya tawar terhadap masyarakat luas.
- 2. Bagi Jurusan Pendidikan Teknik Elektro
  - a. Terciptanya alat yang inovatif serta bermanfaat sebagai sarana ilmu pengetahuan.
  - b. Sebagai wujud partisipasi dalam pengembangan ilmu di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK).
- 3. Bagi Dunia Usaha dan Dunia Industri
  - a. Terciptanya alat yang inovatif sebagai sarana peningkatan teknologi dalam dunia industri.
  - b. Sebagai bentuk kontribusi terhadap industri dalam mewujudkan pengembangan teknologi.

#### **G. Keaslian Gagasan**

Penyusunan proyek akhir dengan judul “Pengendali Suhu Otomatis pada Mesin Pengering Elektrik Dengan Model *Dimmer* (Peredupan) Berbasis ATmega16A”, adalah asli gagasan dari penulis. Ide ini didapat ketika adanya kerjasama antara pihak Pusat Pengembangan Teknopreneurship Indonesia (PPTI) Universitas Negeri Yogyakarta dengan CV. Holstein Indonesia dalam pembuatan mesin pengering daun mengkudu.



## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), proses pengeringan daun mengkudu membutuhkan panas sebesar 60°C. Hal ini untuk menjaga supaya zat yang terkandung di dalamnya tidak rusak. Oleh karena itu diperlukan mesin pengering yang dapat bekerja untuk mempertahankan suhu sebesar 60°C. Pendekatan teknisnya adalah dengan mengatur arus dan tegangan yang masuk ke pemanas (*heater*).

#### **A. Mesin Pengering Elektrik**

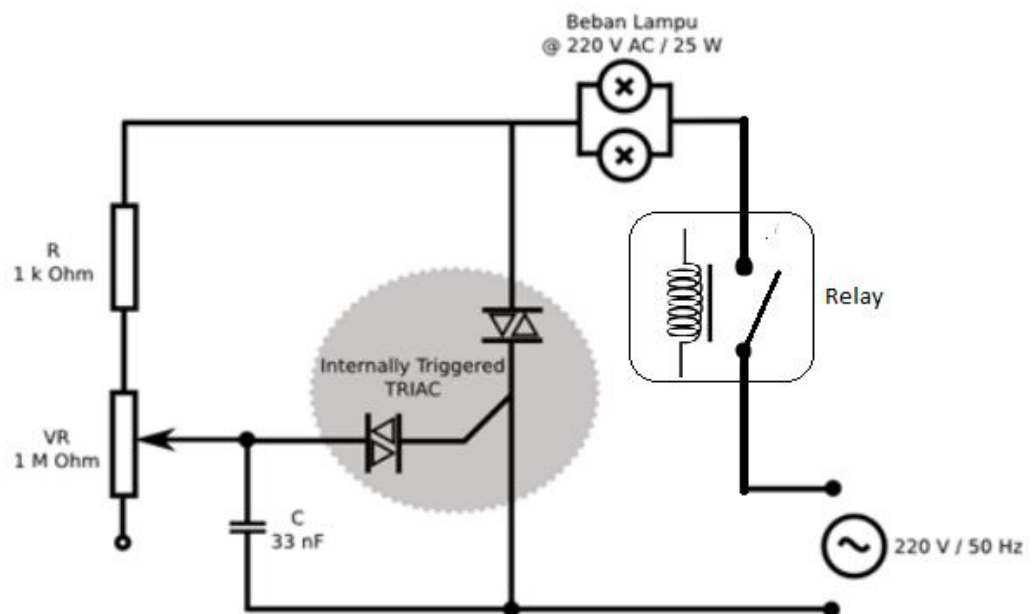
Mesin pengering elektrik adalah suatu alat yang digunakan untuk membantu proses pengeringan dengan bantuan listrik. Dengan adanya mesin pengering elektrik diharapkan dapat memudahkan proses pengeringan yang biasanya menggunakan bantuan panas sinar matahari ataupun proses pengeringan dengan menggunakan api. Selain itu, pengeringan dengan menggunakan mesin pengering elektrik dapat menghemat biaya dan ramah lingkungan.

#### **B. Pengendali Suhu Otomatis**

Pengendali suhu otomatis adalah suatu metode untuk mengendalikan suhu yang bekerja dengan sendirinya untuk mencapai suhu yang telah ditentukan. Pengendalian suhu secara otomatis digunakan untuk memaksimalkan waktu kerja dan meringankan aktivitas yang dilakukan oleh manusia dalam melakukan pengeringan ataupun pembekuan, contohnya pengeringan pakaian, pengeringan bahan dasar pembuatan produk, pembekuan dalam proses pembuatan makanan, dan lain – lain.

### C. Rangkaian *Dimmer*

Rangkaian *dimmer* adalah rangkaian yang dapat mengatur fasa penyalan tegangan AC yang melintasi beban dengan menggunakan komponen *TRIAC* dan *DIAC* (Herlan dan Probowo, 2009: 14). *TRIAC* pada rangkaian *dimmer* berfungsi untuk mengatur masukan tegangan AC, sedangkan *DIAC* berfungsi untuk mengatur bias *TRIAC* yang digunakan untuk menentukan titik *on* dan *off*. Berikut adalah rangkaian *dimmer* yang dapat dilihat pada gambar 1.

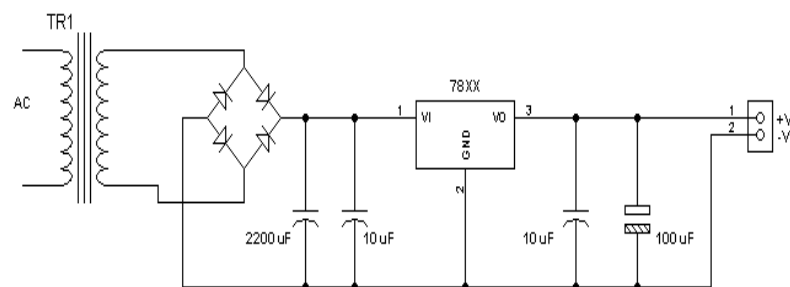


Gambar 1. Rangkaian *Dimmer*

(Sumber: Herlan dan Prabowo, 2009)

#### D. Catu Daya

*Power supply* atau catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika. Ketika digunakan untuk mencatu tegangan suatu rangkaian, tegangan pada suatu catu daya besarnya dapat berubah – ubah sehingga dapat bersifat merusak (Sunomo, 1996: 82). Untuk dapat memperbaiki kinerja dari suatu catu daya sehingga dapat menghasilkan tegangan yang stabil dan dapat diatur, maka menggunakan *regulated power supply* atau catu daya teregulasi. Berikut adalah rangkaian catu daya teregulasi tegangan positif yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Catu Daya Teregulasi Tegangan Positif

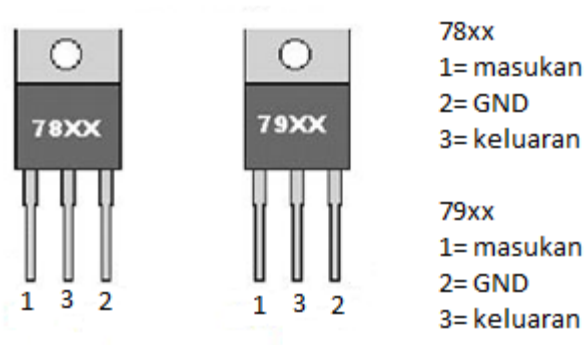
(Sumber: Sunomo, 1996: 84)

Pembuatan catu daya teregulasi tegangan positif menggunakan komponen – komponen aktif, diantaranya sebagai berikut:

##### 1. IC Regulator Tegangan Tetap

IC regulator tegangan tetap yang sering digunakan adalah keluarga 78xx untuk tegangan positif dan seri 79xx untuk tegangan negatif. Besarnya tegangan keluaran dari setiap seri IC regulator 78xx dan 79xx ini dapat dinyatakan dengan melihat dua digit angka terakhir pada serinya,

contoh pada IC 7812 yang merupakan regulator tegangan positif dengan tegangan keluaran 12V, IC 7910 yang merupakan regulator tegangan negatif dengan tegangan keluaran -10V. Susunan kaki IC regulator dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Susunan Kaki IC Regulator

(Sumber: Sunomo, 1996: 83)

Besar tegangan masukan pada regulator seri 78xx untuk beberapa variasi tegangan keluaran dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Tipe Regulator dan Batasan Tegangan Masukan

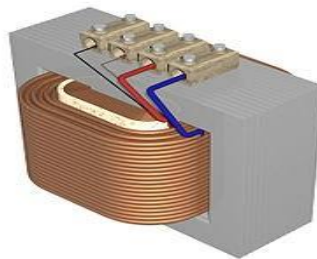
Tipe Regulator	Vo	Vin Min	Vin Maks
7805	5 V	7 V	20 V
7806	6 V	8 V	21 V
7808	8 V	10,5 V	25 V
7810	10 V	12,5 V	25 V
7812	12 V	14,5 V	27 V
7815	15 V	17,7 V	30 V
7818	18 V	21 V	33 V
7824	24 V	27 V	38 V

(Sumber: Sunomo, 1996: 86)

## 2. Transformator *step down*

Transformator *step down* adalah transformator yang tegangan sisi sekundernya lebih rendah dibanding dengan tegangan sisi primer. Transformator jenis ini sering dijumpai pada pusat – pusat beban untuk menurunkan tegangan dari tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi, yaitu tegangan yang digunakan oleh konsumen (Sunyoto, 1996: 3).

Transformator mempunyai dua buah lilitan, yaitu lilitan primer dan lilitan sekunder yang dililitkan pada suatu inti dan saling terisolasi antara satu sama lain. Perbandingan besar tegangan yang muncul pada lilitan sekunder dan lilitan primer ditentukan oleh jumlah lilitan yang terdapat pada bagian sekunder maupun primer. Pada transformator *step down* jumlah lilitan primer lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah lilitan sekunder, sehingga tegangan primer memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan tegangan sekunder. Penampang trafo dapat dilihat pada gambar 4.



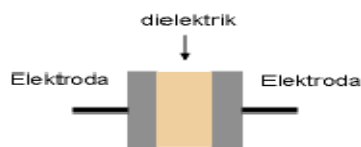
Gambar 4. Penampang Trafo

(Sumber: Sunyoto, 1996: 3)

## 3. Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik dalam waktu yang tidak dapat ditentukan (Jayadin Ahmad, 2007: 9). Komponen elektronika ini terbuat dari dua buah

plat metal yang dipisahkan oleh bahan dielektrik seperti vakum, keramik, gelas, dan lain – lain. Apabila kedua ujung plat diberi tegangan listrik maka muatan positif dan negatif tidak akan berada pada kutub yang sama, karena terpisah oleh bahan dielektrik non-konduktif. Kemampuan kapasitor menyimpan muatan listrik disebut kapasitansi. Besarnya kapasitansi ini dinyatakan dalam satuan *Farad*. Prinsip dasar kapasitor dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Prinsip Dasar Kapasitor

(Sumber: Jayadin Ahmad, 2007: 9)

#### 4. Dioda

Dioda merupakan komponen elektronika non-linier yang bersifat semikonduktor (Surjono, 1996: 1). Dioda dapat dialiri arus listrik ke satu arah dan menghambat arus dari arah sebaliknya. Setiap dioda memiliki 2 terminal yaitu terminal anoda (A) dan terminal katoda (K).

Terdapat 2 istilah dalam dioda, yaitu bias maju dan bias mundur. Dioda akan mengalami bias maju (*Forward bias*) apabila tegangan positif dihubungkan ke terminal anoda dan tegangan negatif dihubungkan ke terminal katoda, sedangkan dioda akan mengalami bias mundur (*Reverse bias*) apabila tegangan positif dihubungkan ke terminal katoda dan tegangan negatif dihubungkan ke terminal anoda. Simbol dan bentuk dioda dapat dilihat pada gambar 6.

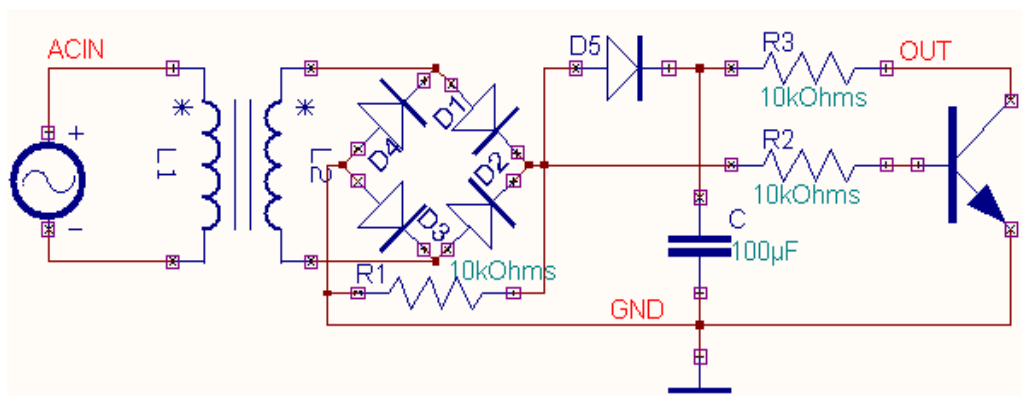


Gambar 6. Simbol Dioda

(Sumber: Surjono, 1996: 14)

### E. Zero Crossing Detector

*Zero crossing detector* adalah rangkaian yang digunakan untuk mengukur suatu frekuensi atau periode pada suatu sinyal periodik (Gupta, Thakur, dan Murarka, 2012: 366). Rangkaian ini bekerja dengan cara mendeteksi gelombang sinus AC 220V saat melewati titik tegangan nol pada peralihan dari titik positif menuju titik negatif atau sebaliknya. Titik tegangan nol pada peralihan tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan *TRIAC* dan menentukan posisi perubahan tegangan. Selain itu, rangkaian ini dapat mengubah sinyal sinusoidal menjadi sinyal kotak. Rangkaian *zero crossing detector* dapat dilihat pada gambar 7.

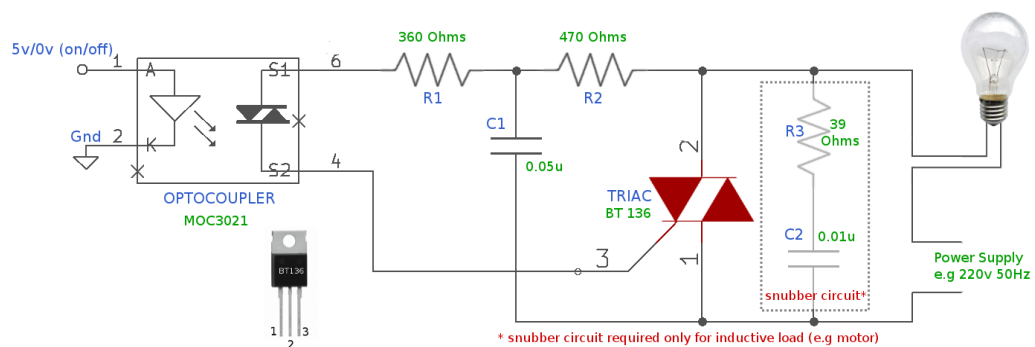


Gambar 7. Rangkaian Zero Crossing Detector

(Sumber: [www.visionics.a.se](http://www.visionics.a.se))

## F. TRIAC Voltage Controller

*TRIAC voltage controller* adalah rangkaian yang mengontrol beban yang memiliki level tegangan dan arus yang tinggi dengan menggunakan kontroler yang umumnya memiliki level tegangan dan arus yang rendah. Komponen yang menjembatani sinyal *trigger* yang berasal dari kontroler adalah IC jenis MOC302X. Selain itu IC jenis MOC302X berfungsi sebagai penguat arus keluaran dari suatu kontroler yang digunakan untuk memicu *TRIAC* dan memisahkan dua buah rangkaian elektronik sehingga dapat terbentuk rangkaian *open loop* (Afrie Setiawan, 2011: 19). Rangkaian *TRIAC voltage controller* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian *TRIAC Voltage Controller*

(Sumber: [www.sigmatone.com](http://www.sigmatone.com))

Pengendalian menggunakan *TRIAC voltage controller* memiliki beberapa keuntungan, diantaranya sebagai berikut:

1. Beban dapat dikontrol dengan tegangan yang cukup rendah, yaitu 3 – 5 volt
2. Tidak menimbulkan suara

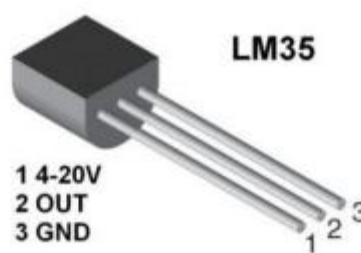


3. Tidak memakan tempat, karena hanya menggunakan PCB yang berukuran kecil
4. Proses *switching* yang cepat

#### G. Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 merupakan komponen elektronika yang dapat mendeteksi besarnya suatu suhu dan mengubahnya menjadi besaran listrik berupa tegangan (Afrie Setiawan, 2011: 28). Sensor suhu LM35 mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan sensor – sensor suhu linier yang dinyatakan dalam K, karena sensor ini tidak mengurangi besar tegangan konstan pada *output*-nya.

Sensor suhu LM35 memiliki keakuratan tinggi dalam membaca suhu. Selain itu, sensor suhu LM35 mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan pada rangkaian kendali khusus. Tegangan pada sensor ini dapat mencapai 30V, tetapi besar tegangan masukan sensor ini hanya sebesar 5V. Susunan kaki sensor suhu LM35 dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Susunan Kaki Sensor Suhu LM35

(Sumber: Hari Santoso, 2015: 74)

Kaki 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, kaki 2 digunakan sebagai tegangan keluaran atau *Vout* dengan jangkauan kerja 0V

hingga 1,5V, dan kaki 3 merupakan kaki *ground*. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap terjadi kenaikan suhu sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$V_{lm35} = \text{suhu} \times 10 \text{ mV}$$

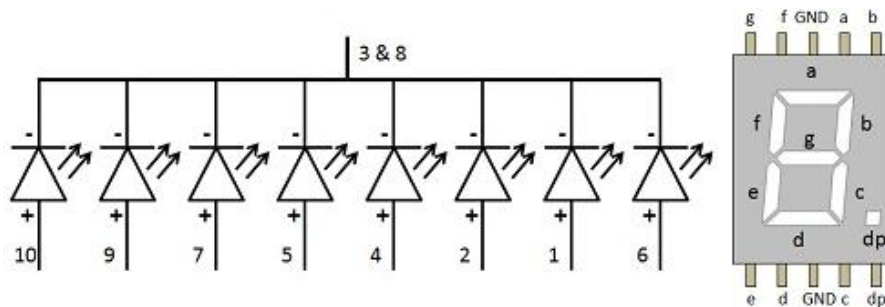
Berdasarkan persamaan diatas sensor ini akan melakukan penginderaan setiap terjadi perubahan suhu, yaitu setiap terjadi kenaikan suhu sebesar 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Menurut Afrie Setiawan (2011: 29), karakteristik dari sensor suhu LM35 diantaranya sebagai berikut:

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mV/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C.
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C
4. Bekerja pada tegangan 4V sampai 30V
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA

#### **H. Light Emitting Diode Seven Segment**

*Light emitting diode seven segment* merupakan gabungan dari 7 buah dioda pemancar cahaya (*Light Emitting Diode, LED*) yang dirangkai membentuk suatu tampilan angka dari 0 sampai 9 dan ditambah sebuah titik untuk keperluan titik desimal (Syahrul, 2014: 497). Pada sebuah *LED seven segment* memiliki 2 jenis konfigurasi, yaitu *common cathode* (katoda) dan *common anode* (anoda). Pada *LED seven segment common cathode*, kaki katoda pada setiap *LED* akan terhubung menjadi 1 pin dan dihubungkan dengan terminal negatif atau ground, sedangkan masing – masing kaki anoda

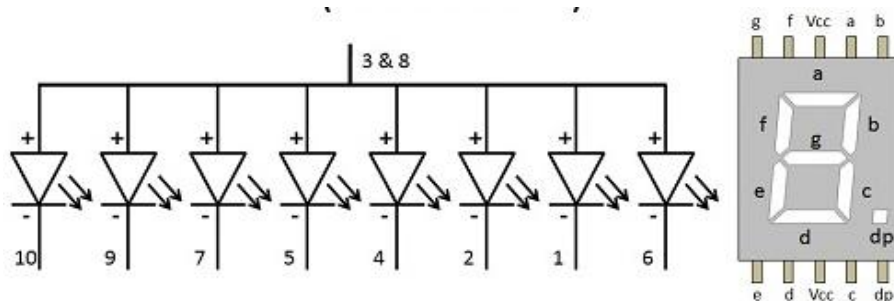
akan menjadi *input* sinyal kendali. *LED seven segment common cathode* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. *LED Seven Segment Common Cathode*

(Sumber: *teknikelektronika.com*)

Pada *LED seven segment common anode*, kaki anoda pada setiap *LED* akan terhubung menjadi 1 pin dan dihubungkan dengan terminal positif, sedangkan masing – masing kaki katoda akan menjadi *input* sinyal kendali. *LED seven segment common anode* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. *LED Seven Segment Common Anode*

(Sumber: *teknikelektronika.com*)

## I. **Push Button**

*Push button* adalah perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik. Ketika ditekan *push button* akan bersifat tertutup (*on*) sehingga dapat mengalirkan arus listrik, tetapi ketika tidak ditekan *push button*

akan bersifat terbuka (*off*) sehingga tidak dapat mengalirkan arus listrik (Hari Santoso, 2015: 37). Sebagai perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus arus listrik, *push button* memiliki 2 kondisi yang dikenal dengan istilah *on* (1) dan *off* (0). Bentuk dan simbol *push button* dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Bentuk Dan Simbol *Push Button*

(Sumber: Hari Santoso, 2015: 37)

Berdasarkan fungsi kerjanya yang dapat menghubungkan dan memutus arus listrik, *push button* memiliki 2 tipe kontak. Berikut ini 2 tipe kontak pada *push button*:

1. *NO (Normally Open)*

Merupakan kontak terminal yang memiliki kondisi normal (sebelum ditekan) tidak tersambung. *Push button* jenis ini akan mengalirkan arus listrik jika ditekan, karena kontak *NO* akan menutup dan mengalirkan arus listrik. Kontak *NO* biasanya digunakan sebagai penghubung arus listrik pada suatu rangkaian atau *Push Button On*.

2. *NC (Normally Close)*

Merupakan kontak terminal yang memiliki kondisi normal (sebelum ditekan) tersambung. *Push button* jenis ini tidak akan mengalirkan arus

listrik jika ditekan, karena ketika ditekan kontak *NC* akan membuka dan memutuskan aliran arus listrik. Kontak *NC* biasanya digunakan sebagai pemutus arus listrik pada suatu rangkaian atau *Push Button Off*.

#### **J. Mikrokontroler ATmega16A**

Mikrokontroler adalah IC (*Integrated Circuit*) *single chip* yang dapat diprogram secara berulang kali, karena di dalamnya terdapat sebuah *RAM* (*Random Access Memory*), *ROM* (*Read Only Memory*), mikroprosesor dan piranti *I/O* (*Input/Output*) yang saling terhubung (Wardoyo dan Pramudyo, 2015: 65). Mikrokontroler memiliki banyak jenis keluarga dan series yang berbeda, salah satunya adalah mikrokontroler ATmega16A yang merupakan mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel keluarga AVR.

Pada mikrokontroler ATmega16A ini menggunakan arsitektur *Harvard* yang memisahkan memori program yang berisi *bus* alamat dan memori data yang berisi *bus* data. Dengan adanya pemisahan ini sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*). Berdasarkan *datasheet* ATmega16A yang diterbitkan oleh Atmel, mikrokontroler ATmega16 terdiri dari:

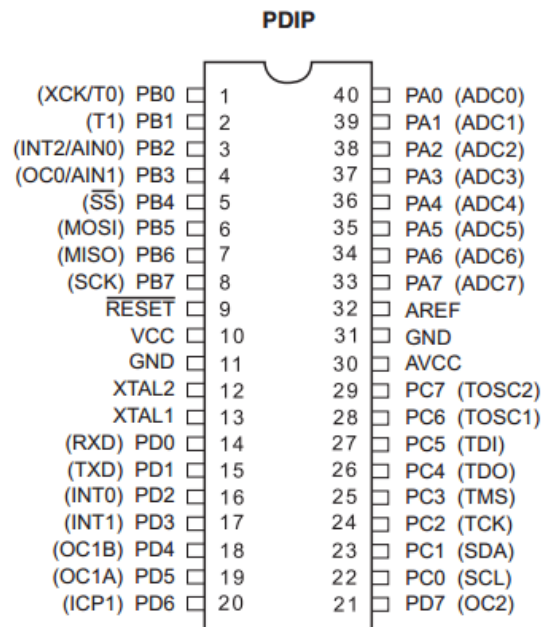
1. Arsitektur *RISC* dengan *throughput* mencapai 16 *MIPS* pada frekuensi 16 Mhz
2. Memiliki kapasitas *flash* memori 16 Kbyte, *EEPROM* 512 Byte, dan *SRAM* 1 Kbyte
3. Saluran *I/O* 32 buah, yaitu *PORT A*, *PORT B*, *PORT C*, dan *PORT D*
4. *CPU* yang terdiri dari 32 buah register
5. *User* interupsi internal dan eksternal

6. *PORT* antarmuka *SPI* dan *PORT USART* sebagai komunikasi serial

7. Fitur Peripheral

- a. Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah dan mode *compare*
- b. Satu buah 16-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah, mode *compare*, dan mode *capture*
- c. *Real time counter* dengan osilator tersendiri
- d. Empat kanal *PWM* dan antarmuka komparator analog
- e. 8 kanal, 10 bit *ADC*
- f. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
- g. *Watchdog timer* dengan osilator internal

Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega16A dengan kemasan 40 pin *DIP* (*Dual In-Line Package*) dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Konfigurasi PIN ATmega16A *PDIP*

(Sumber: [www.atmel.com](http://www.atmel.com))

Pada gambar 13 diatas, maka dapat dijelaskan fungsi dari masing – masing kaki mikrokontroler ATmega16A sebagai berikut:

1) VCC

Merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya 5V

2) GND

Merupakan pin *ground*

3) *PORT A* (0 – 7)

Merupakan pin *input/output* dua arah dan pin masukan *ADC*. Fungsi dari setiap kaki pada *PORT A* dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada *PORT A*

PIN	FUNGSI
<i>PORTA.0</i>	<i>ADC0 (ADC input channel 0)</i>
<i>PORTA.1</i>	<i>ADC1 (ADC input channel 1)</i>
<i>PORTA.2</i>	<i>ADC2 (ADC input channel 2)</i>
<i>PORTA.3</i>	<i>ADC3 (ADC input channel 3)</i>
<i>PORTA.4</i>	<i>ADC4 (ADC input channel 4)</i>
<i>PORTA.5</i>	<i>ADC5 (ADC input channel 5)</i>
<i>PORTA.6</i>	<i>ADC6 (ADC input channel 6)</i>
<i>PORTA.7</i>	<i>ADC7 (ADC input channel 7)</i>

(Sumber: [www.atmel.com](http://www.atmel.com) )

4) *PORT B* (0 – 7)

Merupakan pin *input/output* dua arah. Fungsi dari setiap kaki pada *PORT B* dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada *PORT B*

PIN	FUNGSI
<i>PORTB.0</i>	<i>T0 (Timer/counter 0 external counter input)</i> <i>XCK (USART external clock input/output)</i>
<i>PORTB.1</i>	<i>T1 (Timer/counter 1 external counter input)</i>
<i>PORTB.2</i>	<i>AIN0 (Analog comparator positive input)</i> <i>INT2 (External interrupt 2 input)</i>
<i>PORTB.3</i>	<i>AIN1 (Analog comparator negative input)</i> <i>OC0 (Timer/counter 0 output compare match output)</i>
<i>PORTB.4</i>	Pemilih masukan <i>slave SPI</i>
<i>PORTB.5</i>	<i>MOSI (Master output slave input SPI)</i>
<i>PORTB.6</i>	<i>MISO (Master input slave output SPI)</i>
<i>PORTB.7</i>	<i>SCK (Serial bus clock SPI)</i>

(Sumber: [www.atmel.com](http://www.atmel.com))

#### 5) *PORT C* (0 – 7)

Merupakan pin *input/output* dua arah. Fungsi dari setiap kaki pada *PORT C* dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada *PORT C*

PIN	FUNGSI
<i>PORTC.0</i>	<i>SCL (Two – wire serial bus clock line)</i>
<i>PORTC.1</i>	<i>SDA (Two – wire serial bus data input/output line)</i>
<i>PORTC.2</i>	<i>TCK (JTAG test clock)</i>
<i>PORTC.3</i>	<i>TMS (JTAG test mode select)</i>
<i>PORTC.4</i>	<i>TDO (JTAG test data out)</i>
<i>PORTC.5</i>	<i>TDI (JTAG test data in)</i>
<i>PORTC.6</i>	<i>TOSC1 (Timer oscillator pin 1)</i>
<i>PORTC.7</i>	<i>TOSC2 (Timer oscillator pin 2)</i>

(Sumber: [www.atmel.com](http://www.atmel.com))



6) *PORT D* (0 – 7)

Merupakan pin *input/output* dua arah. Fungsi dari setiap kaki pada *PORT D* dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Fungsi Dari Masing – Masing Kaki Pada *PORT D*

PIN	FUNGSI
<i>PORTD.0</i>	<i>RXD (USART input pin)</i>
<i>PORTD.1</i>	<i>TXD (USART output pin)</i>
<i>PORTD.2</i>	<i>INT0 (External interrupt 0 input)</i>
<i>PORTD.3</i>	<i>INT1 (External interrupt 1 input)</i>
<i>PORTD.4</i>	<i>OC1B (Timer/counter 1 output compare B match output)</i>
<i>PORTD.5</i>	<i>OC1A (Timer/counter 1 output compare A match output)</i>
<i>PORTD.6</i>	<i>ICP1 (Timer/counter 1 input capture pin)</i>
<i>PORTD.7</i>	<i>OC2 (Timer/counter 2 output compare match output)</i>

(Sumber: [www.atmel.com](http://www.atmel.com))

7) *Reset*

Pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.

8) XTAL 1 dan XTAL 2

Pin masukan *clock external*.

9) *AVCC*

Pin masukan tegangan untuk *ADC*.

10) *AREF*

Pin masukan tegangan referensi *ADC*.

## **BAB III**

### **KONSEP PERANCANGAN ALAT**

Proyek akhir alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini menggunakan rancangan dengan langkah – langkah antara lain analisis kebutuhan sistem, konsep rancangan, pembuatan, dan pengujian. Pengambilan data dilakukan dengan cara eksperimen menyangkut rancang bangun dan unjuk kerja alat. Dalam menganalisis data dalam proyek akhir ini menggunakan teknik deskriptif.

#### **A. Analisis Kebutuhan Sistem**

Alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini berfungsi untuk mengurangi lonjakan arus yang menyebabkan meningkatnya biaya pembayaran listrik dalam proses pengeringan daun mengkudu. Dalam pembuatan proyek akhir ini diperlukan analisis kebutuhan yang meliputi alat dan bahan sebagai berikut:

##### **1. Sensor Suhu LM35**

Sensor suhu LM35 berfungsi untuk mendeteksi suhu yang ada di dalam mesin pengering elektrik.

##### **2. *Light Emitting Diode Seven Segment (LED Seven Segment)***

*Light Emitting Diode Seven Segment* berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan suhu yang dideteksi oleh sensor suhu LM35.

### 3. *Push Button (Up, Down, dan Set)*

*Push button set* berfungsi untuk merubah tampilan *LED seven segment* dan mengatur suhu. Sedangkan *push button up* dan *push button down* berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan suhu pada saat masuk ke menu pengaturan suhu.

### 4. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega16A

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16A terhubung dengan *push button*, sensor suhu LM35 dan *zero crossing detector* sebagai *input* dan *TRIAC voltage controller* serta *LED seven segment* sebagai *output*. Adapun komponen yang diperlukan untuk membuat sistem minimum mikrokontroler ATmega16A terdapat pada tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega16A

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	ATmega16A + Soket	-	1 buah
2	Kristal	16 Mhz	1 buah
3	Saklar	-	2 buah
4	Spitzer	1 ml	4 buah
5	PCB	-	1 buah
6	Resistor	4K7 $\Omega$ 560 $\Omega$	1 buah 1 buah
7	Kapasitor	2200 $\mu$ F 22 pF 100 nF	1 buah 2 buah 2 buah
8	Dioda	IN 4004	2 buah
10	Pin header	8 pin 5 pin	6 buah 1 buah
11	IC LM7805	-	1 buah
12	LED	-	1 buah

#### 5. Rangkaian *Zero Crossing Detector*

Rangkaian *zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi perpotongan gelombang sinus dengan *zero point* pada tegangan AC, sehingga dapat menentukan waktu picuan pada *TRIAC* dan menentukan posisi perubahan tegangan. Adapun komponen yang diperlukan untuk membuat rangkaian *zero crossing detector* terdapat pada tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Rangkaian Rangkaian *Zero Crossing Detector*

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Optocoupler	PC 817	2 buah
2	Resistor	120 K $\Omega$ 680 $\Omega$ 4700 $\Omega$	3 buah 2 buah 2 buah
3	T-Blok	2 pin	3 buah
4	Spitzer	1 ml	4 buah
5	PCB	-	1 buah
6	Transistor	BC557	2 buah

#### 6. Rangkaian *TRIAC Voltage Controller*

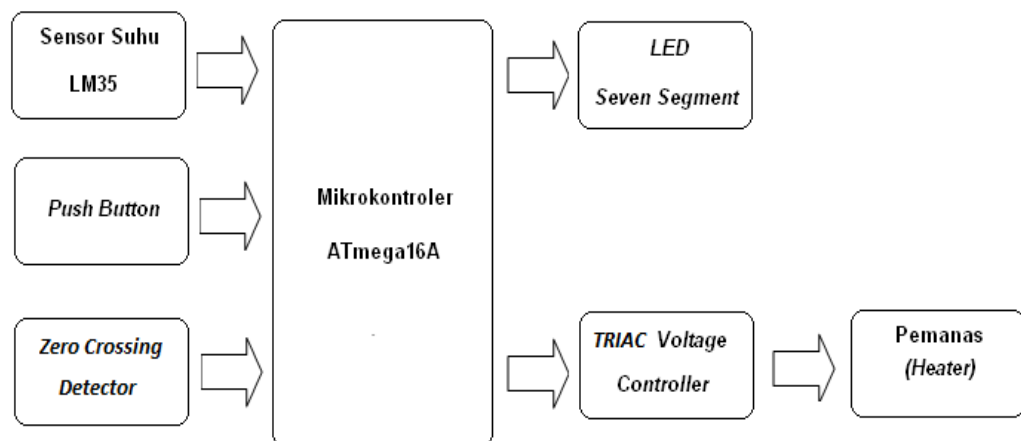
Rangkaian *TRIAC voltage controller* berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengontrol beban tegangan tinggi yang berupa pemanas (*heater*) dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16A. Adapun komponen yang diperlukan untuk membuat rangkaian *TRIAC voltage controller* terdapat pada tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Komponen Rangkaian *TRIAC Voltage Controller*

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Resistor	1 K $\Omega$	1 buah
		15 K $\Omega$	1 buah
2	TRIAC	BT136	1 buah
3	T-Blok	2 pin	3 buah
4	Spitzer	1 ml	4 buah
5	PCB	-	1 buah
6	IC	MOC3021	1 buah

## B. Konsep Rancangan

Konsep rancangan alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* berbasis ATmega16A ini dapat dilihat pada gambar 14.



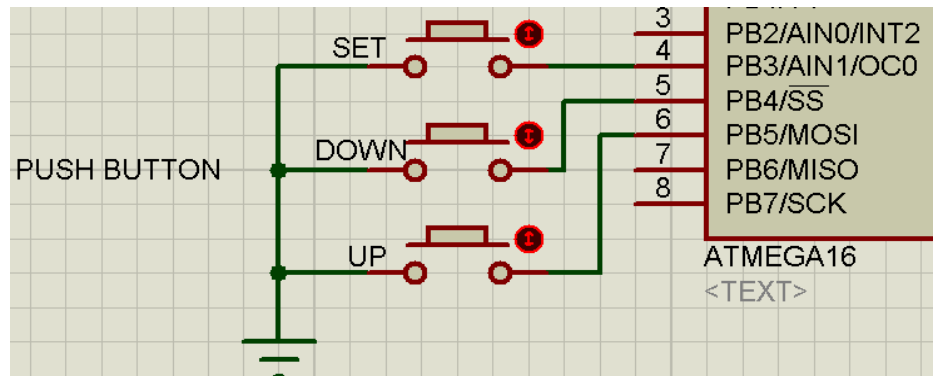
Gambar 14. Blok Diagram

Pada blok diagram diatas telah dijelaskan bahwa alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* berbasis ATmega16A ini terbagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Masukan (*input*)

a. *Push button (up, down,dan set)*

Rangkaian *push button* dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Rangkaian *Push Button*

b. Sensor suhu LM35

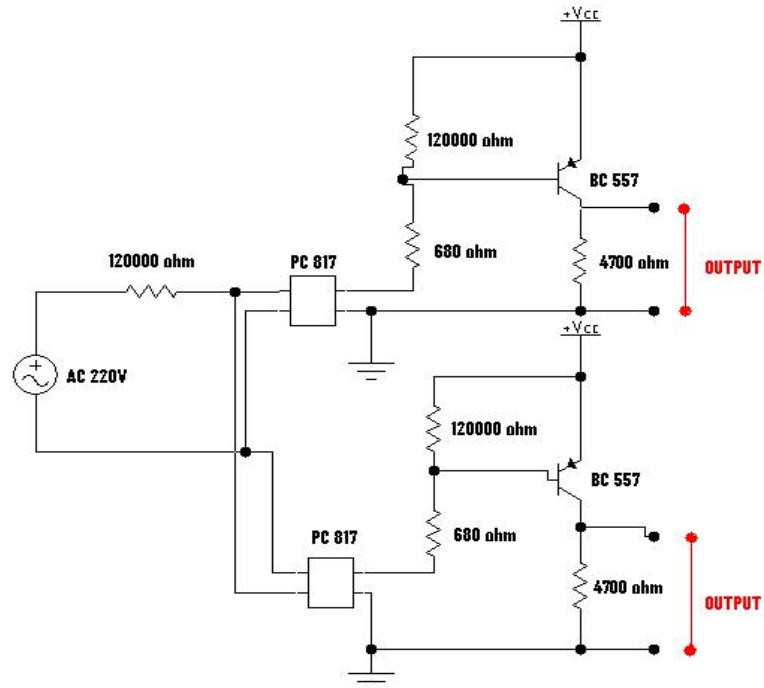
Rangkaian sensor suhu LM35 dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Rangkaian Sensor Suhu LM35

c. *Zero crossing detector*

Rangkaian zero crossing detector dapat dilihat pada gambar 17.

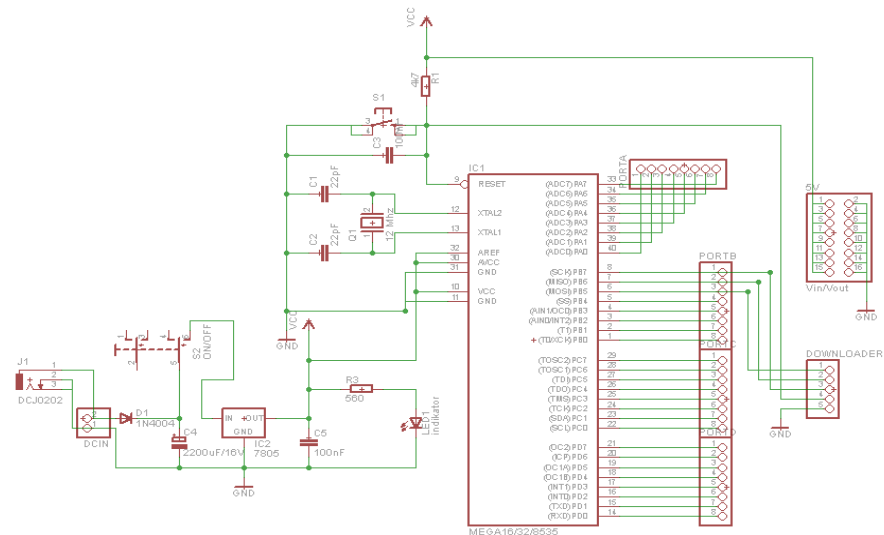


Gambar 17. Rangkaian Zero Crossing Detector

## 2. Proses (control)

### a. Sistem minimum ATmega16A

Rangkaian sistem minimum ATmega16A dapat dilihat pada gambar 18.

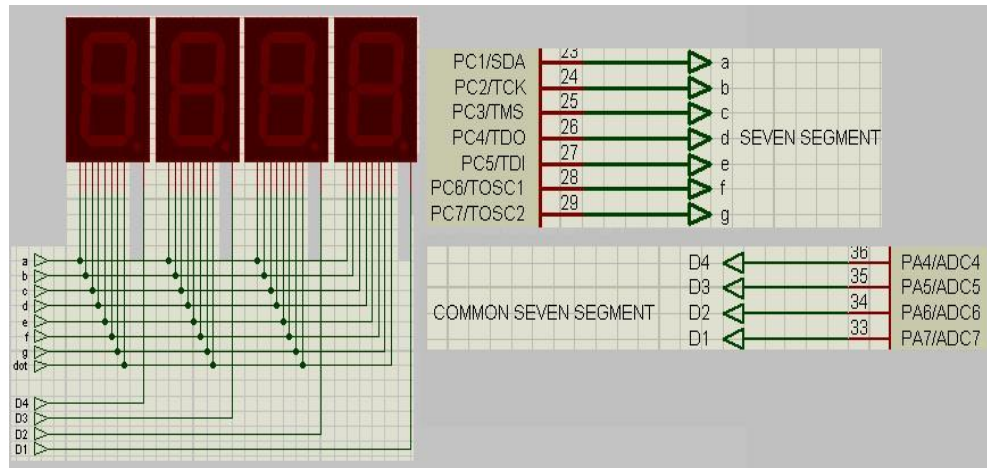


Gambar 18. Rangkaian Sistem Minimum ATmega16A

### 3. Keluaran (*output*)

#### a. *LED seven segment*

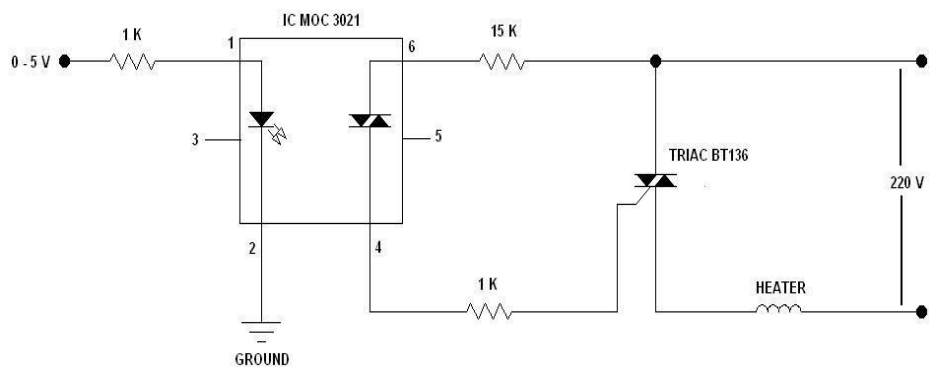
Rangkaian *LED seven segment* dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Rangkaian *LED Seven Segment*

#### b. *TRIAC voltage controller*

Rangkaian *TRIAC voltage controller* dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. Rangkaian *TRIAC Voltage Controller*



### C. Pembuatan Alat

Pembuatan alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini melalui beberapa tahapan seperti di bawah ini:

#### 1. Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

##### a. Pembuatan PCB

Pembuatan rangkaian pada PCB dilakukan dengan menggunakan *software* Proteus. Pada *software* proteus terdapat aplikasi ISIS dan ARES dimana kedua aplikasi tersebut akan membantu dalam pembuatan PCB. Proses pembuatan PCB dimulai dengan membuat rangkaian skematik menggunakan aplikasi ISIS, pada tahap ini perlu mengetahui nama komponen yang akan digunakan sehingga akan mempercepat pencarian komponen.

Setelah pembuatan skematik selesai kemudian di lanjutkan dengan menggunakan aplikasi ISIS yang berfungsi untuk menyusun tata letak komponen dan jalur penghubung antar komponen yang akan dipasang pada PCB. Penentuan tata letak komponen mengacu pada jalur penghubung yang akan menghubungkan komponen satu dengan komponen lain sehingga rangkaian dapat bekerja dengan benar.

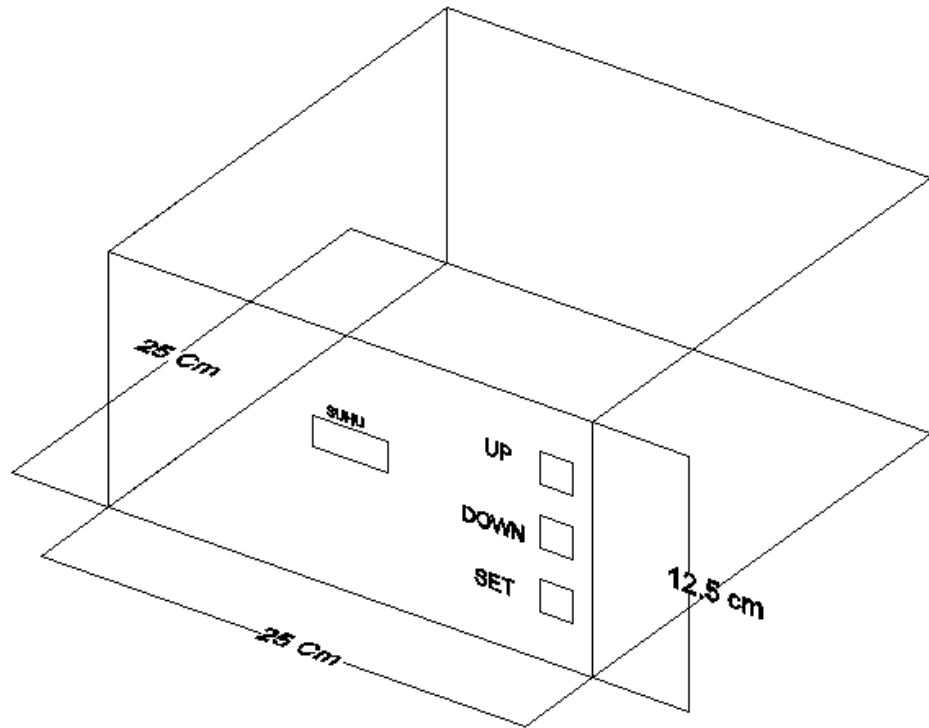
Setelah PCB didesain menggunakan *software* Proteus dan dua aplikasi di dalamnya yang bernama ARES dan ISIS, kemudian desain dicetak pada kertas *glossy*. Desain yang telah dicetak kemudian di rekatkan pada papan PCB dengan menggunakan setrika listrik dan pastikan desain melekat pada PCB. Desain yang telah melekat pada

papan PCB kemudian dilarutkan ke dalam larutan *Ferric Chloride* ( $\text{FeCl}_3$ ).

Larutan *Ferric Chloride* ( $\text{FeCl}_3$ ) dapat membantu dalam melarutkan kuningan yang ada pada PCB sehingga jalur penghubung antar komponen akan bekerja dengan benar. Setelah itu lalu membuat lubang yang sesuai dengan besar komponen menggunakan bor listrik. Lubang ini nantinya akan digunakan untuk meletakkan komponen pada PCB. Langkah terakhir adalah memasang komponen pada papan PCB menggunakan tenol yang dipanaskan dengan solder.

b. Pembuatan Box Kemasan Alat

Pembuatan mekanik box kemasan alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini menggunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Box kemasan ini berbentuk balok dengan ukuran panjang 25 cm, lebar 25 cm dan tinggi 12,5 cm. Pada bagian depan terdapat lubang untuk penempatan *LED seven segment* dengan bentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 5 cm dan lebar 2 cm, selain itu terdapat 3 lubang untuk *push button* (*up*, *down*, dan *set*) berbentuk persegi dengan ukuran panjang 1 cm dan lebar 1 cm. Sedangkan pada bagian belakang terdapat 3 lubang berbentuk lingkaran dengan diameter 1 cm yang digunakan untuk box *fuse* dan 2 kabel *input* rangkaian (kontrol dan beban). Desain box kemasan dapat dilihat pada gambar 21 berikut.

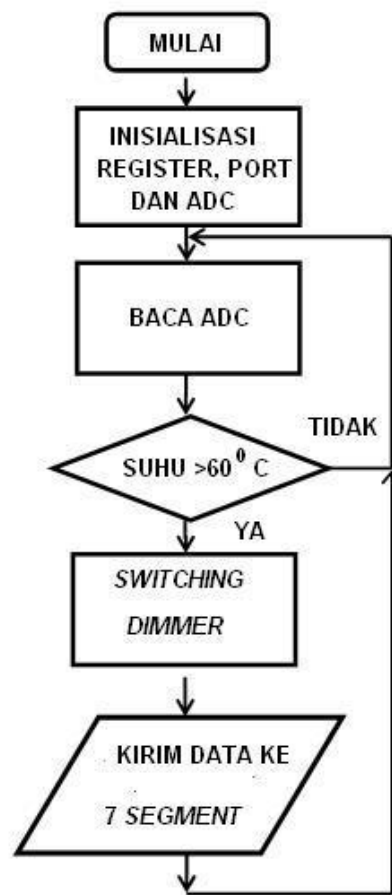


Gambar 21. Desain Box Kemasan Alat

## 2. Pembuatan Perangkat Lunak (*Software*)

### a. Membuat Diagram Alir (*flowchart*)

Pembuatan diagram alir (*flowchart*) sangatlah membantu dalam pembuatan program, karena dengan membuat diagram alir (*flowchart*) dari program kita dapat mengerti urutan langkah kerja dari program yang akan dibuat. Diagram alir (*flowchart*) dapat dilihat pada gambar 22 berikut.



Gambar 22. *Flowchart Program*

b. Membuat Program Menggunakan Pemrograman Bahasa C

Pembuatan program dilakukan dengan bantuan *software* CodeVision AVR. Program yang sudah dibuat kemudian di-*compile* untuk mengetahui kesalahan yang ada.

c. Membuat Simulasi *Software*

Setelah program dinyatakan benar, maka program harus disimulasikan terlebih dahulu dengan menggunakan aplikasi ISIS di Proteus. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui kerja dari program yang akan mengendalikan komponen – komponen lain, selain

itu digunakan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan apabila harus memasukan program berkali – kali ke dalam mikrokontroler.

d. Pengisian Program

Pengisian program ke dalam mikrokontroler ATmega16A menggunakan *downloader* yang khusus berfungsi untuk *mendownload* program. *File* yang akan dimasukan ke dalam mikrokontroler ATmega16A adalah *file* yang memiliki ekstensi *Hex*. *File* dengan ekstensi *Hex* tersebut adalah program yang sudah di *build* dengan menggunakan *software* CodeVision AVR.

#### D. Rencana Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* berbasis ATmega16A dilakukan dengan cara menghubungkan 2 tusuk kontak pada 2 kotak kontak untuk menghidupkan rangkaian kontrol dan rangkaian beban.

1. Alat yang digunakan untuk pengujian dan pengambilan data, yaitu:

a. Multimeter analog

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan kerja pada rangkaian *push button* (*up*, *down*, dan *set*), sensor suhu LM35, *zero crossing detector* dan *TRIAC voltage controller*.

b. Ampere meter

Ampere meter digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A.

c. Alat tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat data hasil pengujian.

2. Bagian alat yang akan diuji meliputi:

a. Rencana pengujian *push button* (*up*, *down*, dan *set*)

Dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Rencana Pengujian *Push Button* (*Up*, *Down*, dan *Set*)

NO	Kondisi <i>Push Button</i>	Logika	Tegangan	Prosentase Kesalahan
1	Ditekan			
2	Tidak ditekan			

b. Rencana pengujian rangkaian *zero crossing detector*

Dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Rencana Pengujian Rangkaian *Zero Crossing Detector*

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil Pengukuran Voltmeter
1	Tegangan <i>input</i>	
2	Tegangan <i>output</i>	

c. Rencana pengujian rangkaian *TRIAC voltage controller*

Dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Rencana Pengujian Rangkaian *TRIAC Voltage Controller*

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil Pengukuran
1	Tegangan <i>input</i> AC	
2	Tegangan <i>input</i> DC	
3	Tegangan <i>Output</i>	
4	Arus	

d. Rencana pengujian sensor suhu LM35

Dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Rencana Pengujian Sensor Suhu LM35

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan	Prosentase Kesalahan
1	Suhu 40 <sup>0</sup> C			
2	Suhu 50 <sup>0</sup> C			
3	Suhu 60 <sup>0</sup> C			

e. Rencana pengujian kinerja alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A.

Dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Rencana Pengujian Kinerja Alat Pengendali Suhu Otomatis Pada Mesin Pengering Elektrik Dengan Model *Dimmer* (Peredupan) Berbasis ATmega16A

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil
1	Waktu untuk mencapai suhu 60 <sup>0</sup> C	
2	Waktu pengeringan daun mengkudu	
3	Daya terhitung	

## E. Prosedur Pengujian

Pengujian alat dilakukan pada rangkaian *push button* (*up*, *down*, dan *set*), *zero crossing detector*, *TRIAC voltage controller*, sensor suhu LM35 dan untuk mengetahui kinerja dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A. Pengujian alat ini berpedoman pada:

#### 1. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melihat kinerja dari setiap rangkaian dan kinerja dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A secara keseluruhan.

#### 2. Proses dan Penyimpulan Hasil Uji Coba Alat

Proses dan penyimpulan data dilakukan secara deskriptif berdasarkan data – data yang diperoleh selama pengujian berlangsung.

### **F. Lokasi Pengujian dan Pengambilan Data**

Pengujian dan pengambilan data dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini dilakukan di rumah, dan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta karena pengujian alat ini memerlukan peralatan yang ada di laboratorium/bengkel.



## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian Alat

##### 1. Tujuan

Pengujian dilakukan agar dapat mengetahui kebenaran rangkaian dan mengetahui kondisi komponen, perangkat lunak, serta unjuk kerja dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A. Pengambilan data dilakukan pada setiap rangkaian sehingga dapat dihasilkan perbandingan antara teori dan praktik. Pengujian ini dilakukan dengan mengendalikan suhu pengeringan daun mengkudu.

##### 2. Rangkaian Pengujian

Rangkaian pengujian alat ini meliputi:

- a. Rangkaian *push button*
- b. *Zero crossing detector*
- c. *TRIAC voltage controller*
- d. Sensor suhu LM35
- e. Kinerja alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A

Dalam pengujian ini menggunakan multimeter analog dan ampere meter sebagai alat ukur yang digunakan pada setiap rangkaian.

## B. Hasil Pengujian Alat

Setelah melakukan pengujian dapat diperoleh data sebagai berikut:

### 1. Rangkaian *Push Button*

*Push button* digunakan untuk mengatur suhu sesuai dengan besarnya suhu yang diinginkan dan merubah tampilan pada *LED seven segment*. Terdapat 3 buah *push button* pada alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini, yaitu *push button up* yang digunakan untuk menaikkan suhu ketika masuk pada menu *set* suhu, *push button down* digunakan untuk menurunkan suhu ketika masuk pada menu *set* suhu, dan *push button set* digunakan untuk merubah menu tampilan pada *LED seven segment* dan untuk menge-*set* suhu yang diinginkan. Berikut data hasil pengujian dari ketiga *push button* terdapat pada tabel 14.

Tabel 14. Data Hasil Pengujian *Push Button* (*Up*, *Down*, dan *Set*)

NO	Kondisi <i>Push Button</i>	Logika	Tegangan Hasil Pengukuran	Prosentase Kesalahan
1	Ditekan	1	0 Volt	0%
2	Tidak ditekan	0	4,1 Volt	18%

Rangkaian *push button* merupakan rangkaian *input* yang terhubung dengan *Port B= 4*, *Port B= 5*, dan *Port B= 6* pada mikrokontroler ATmega16A dan disambung dengan *ground*. Pada bagian program yang tertanam di mikrokontroler ATmega16A, alat ini menggunakan *pull up internal* sehingga *push button* akan aktif ketika diberi logika 0 dan tidak aktif ketika diberi logika 1. Secara teori tegangan pada *push button* akan memiliki nilai yang sama dengan tegangan *output* mikrokontroler yaitu sebesar 5V DC, tetapi setelah diukur menggunakan multimeter analog

besar tegangan pada *push button* hanya sebesar 4,1V DC sehingga terdapat *error* sebesar:

$$Error = \left( \frac{5 - 4,1}{5} \right) \times 100\% = 18\%$$

## 2. Rangkaian *Zero Crossing Detector*

*Zero crossing detector* ini merupakan rangkaian *input* yang terhubung dengan *interrupt* 0, *interrupt* 1, dan *interrupt* 2 pada mikrokontroler. Pada mikrokontroler ATmega16A *interrupt* 0 terdapat pada Port D= 2, *interrupt* 1 terdapat pada Port D= 3, dan *interrupt* 2 terdapat pada Port B= 2. Pengujian pada rangkaian ini menggunakan multimeter analog. Berikut ini data hasil pengujian dari rangkaian *zero crossing detector* terdapat pada tabel 15.

Tabel 15. Data Hasil Pengujian Rangkaian *Zero Crossing Detector*

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil Pengukuran Multimeter Analog
1	Tegangan <i>input</i> (AC)	220V
2	Tegangan <i>output</i> (DC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Int</i> 0 &amp; 1= 2,4V</li> <li>• <i>Int</i> 2= 2,4V</li> </ul>

Rangkaian *zero crossing detector* digunakan untuk menentukan waktu pemberian sinyal picuan pada *TRIAC* dan menentukan posisi perubahan tegangan. Hasil pengukuran dengan menggunakan multimeter analog menunjukkan bahwa rangkaian ini memiliki *input* tegangan AC sebesar 220V dan 2 *output* yang masing – masing memiliki tegangan sebesar 2,4V DC.

### 3. Rangkaian *TRIAC Voltage Controller*

Rangkaian ini bekerja sebagai saklar elektronik yang mengontrol beban tegangan tinggi yang berupa pemanas (*heater*). Komponen yang bekerja sebagai saklar adalah *TRIAC* jenis BT-136, sedangkan sebagai pemacu *gate TRIAC* menggunakan IC jenis MOC 3021. Selain itu, IC jenis MOC3021 berfungsi untuk menjembatani rangkaian kontrol yang memiliki tegangan rendah dengan beban yang memiliki tegangan tinggi. Rangkaian *TRIAC voltage controller* terhubung dengan *Port D= 0* pada mikrokontroler ATmega16A. Berikut data hasil pengujian rangkaian *TRIAC Voltage Controller* terdapat pada tabel 16.

Tabel 16. Data Hasil Pengujian Rangkaian *TRIAC Voltage Controller*

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil Pengukuran
1	Tegangan <i>input</i> AC	220V
2	Tegangan <i>input</i> DC	4,5V
3	Tegangan <i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 40°C= 220V</li><li>• 50°C= 220V</li><li>• 60°C= 70V</li></ul>
4	Arus	<ul style="list-style-type: none"><li>• 40°C= 1,7A</li><li>• 50°C= 1,7A</li><li>• 60°C= 0,54A</li></ul>

Pada rangkaian *TRIAC voltage controller* ini menggunakan *input* AC 220V dan *input* DC 4,5 V. Tegangan *output* dan arus rangkaian ini akan berubah – berubah sesuai dengan besarnya suhu yang terbaca oleh sensor suhu LM35. Ketika suhu yang terbaca oleh sensor suhu LM35 mendekati suhu acuan atau *setpoint*, maka tegangan dan arus yang terukur akan semakin kecil. Sedangkan ketika suhu yang terbaca oleh

sensor suhu LM35 kurang dari suhu acuan atau *setpoint*, maka tegangan dan arus yang terukur akan semakin besar.

#### 4. Sensor Suhu LM35

Sensor ini bekerja dengan cara mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik berupa tegangan. Sensor suhu LM35 merupakan *input* yang terhubung dengan *Port ADC (Analog to Digital Converter)* pada mikrokontroler. *Port ADC* pada mikrokontroler ATmega16A yang terhubung dengan sensor LM35 adalah *Port A= 1*. Berikut data hasil pengujian sensor suhu LM35 terdapat pada tabel 17.

Tabel 17. Data Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil Pengukuran	Hasil Perhitungan	Prosentase Kesalahan
1	Suhu 40 <sup>0</sup> C	0,36V	0,4V	10%
2	Suhu 50 <sup>0</sup> C	0,47V	0,5V	6%
3	Suhu 60 <sup>0</sup> C	0,57V	0,6V	5%

Berdasarkan cara kerja sensor suhu LM35 yang mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik berupa tegangan, maka setiap perubahan suhu yang terbaca akan menghasilkan tegangan yang dapat diukur menggunakan multimeter analog. Pada uji coba ini menggunakan 3 acuan suhu yang akan diukur dengan multimeter analog. Tegangan yang terukur pada suhu 40<sup>0</sup>C sebesar 0,36V, suhu 50<sup>0</sup>C sebesar 0,47V, dan suhu 60<sup>0</sup>C sebesar 0,57V. Secara teori untuk menentukan besarnya tegangan yang terbaca oleh sensor suhu LM35 dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V_{lm35} = \text{suhu} \times 10 \text{ mV}$$

Dengan rumus diatas, maka dapat dihitung besar tegangan dari 3 suhu acuan yang digunakan. Berikut ini hasil perhitungan besar tegangan dari 3 suhu acuan yang digunakan:

$$\text{Suhu } 40 \text{ derajat} = 40 \times 10 \text{ mV} = 0,4 \text{ V}$$

$$\text{Suhu } 50 \text{ derajat} = 50 \times 10 \text{ mV} = 0,5 \text{ V}$$

$$\text{Suhu } 60 \text{ derajat} = 60 \times 10 \text{ mV} = 0,6 \text{ V}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran terdapat perbedaan yang disebut *error*. Berikut ini hasil perhitungan *error* pada sensor suhu LM35:

$$\text{Suhu } 40 \text{ derajat} = \left( \frac{0,4 - 0,36}{0,4} \right) \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Suhu } 50 \text{ derajat} = \left( \frac{0,5 - 0,47}{0,5} \right) \times 100\% = 6\%$$

$$\text{Suhu } 60 \text{ derajat} = \left( \frac{0,6 - 0,57}{0,6} \right) \times 100\% = 5\%$$

##### 5. Kinerja Alat Pengendali Suhu Otomatis Pada Mesin Pengering Elektrik Dengan Model *Dimmer* (Peredupan) Berbasis ATmega16A

Pengujian ini difungsikan untuk mengetahui kinerja dari alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ketika digunakan dalam proses pengeringan daun mengkudu. Dalam pengujian ini terdapat 3 pokok pengujian, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu 60°C, lamanya waktu pengeringan daun mengkudu, dan besarnya daya yang dihasilkan. Berikut data hasil pengujian kinerja alat pengendali suhu

otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A terdapat pada tabel 18.

Tabel 18. Kinerja Alat Pengendali Suhu Otomatis Pada Mesin Pengering Elektrik Dengan Model *Dimmer* (Peredupan) Berbasis ATmega16A

NO	Bagian Yang Diukur	Hasil
1	Waktu untuk mencapai suhu 60°C	2 menit 10 detik
2	Waktu pengeringan daun mengkudu	4 jam 30 menit
3	Daya terhitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40°C= 374W</li> <li>• 50°C= 374W</li> <li>• 60°C= 37,8W</li> </ul>

Ketika digunakan, alat ini membutuhkan waktu 2 menit 10 detik untuk mencapai suhu 60°C. Jika digunakan untuk mengeringkan daun mengkudu pada suhu 60°C, alat ini membutuhkan waktu 4 jam 30 menit. Besarnya daya yang dihasilkan akan selalu berubah – ubah tergantung dari besarnya suhu yang terbaca oleh sensor suhu LM35. Ketika suhu yang terbaca mendekati suhu acuan atau *setpoint*, maka besarnya daya akan semakin kecil, sedangkan ketika suhu yang terbaca kurang dari suhu acuan atau *setpoint*, maka besarnya daya akan semakin besar. Berikut ini hasil perhitungan daya yang dihasilkan oleh alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A:

a. Suhu 40°C

$$W = V \times I$$

Pada suhu 40°C tegangan yang terukur sebesar 220V, sehingga

$$W = 220V \times 1,7A = 374W$$

b. Suhu 50°C

$$W = V \times I$$

Pada suhu 50°C tegangan yang terukur sebesar 220V, sehingga

$$W = 220V \times 1,7A = 374W$$

c. Suhu 60°C

$$W = V \times I$$

Pada suhu 60°C tegangan yang terukur sebesar 70V, sehingga

$$W = 70V \times 0,54A = 37,8W$$

### C. Pembahasan

Alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A memiliki *input* (masukan) yang berasal dari *push button*, *zero crossing detector* dan sensor suhu LM35. Sedangkan *output*-nya (keluaran) mengatur tampilan *LED seven segment* dan *TRIAC voltage controller*.

Pembuatan alat ini bertujuan untuk mempermudah proses pengeringan daun mengkudu yang digunakan dalam pembuatan aditif pakan organik untuk unggas, menghemat biaya, menjaga kebersihan, dan menghemat energi listrik yang dikeluarkan. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat tabel 19 yang merupakan perbandingan antara kinerja mesin pengering elektrik otomatis dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A dengan mesin pengering elektrik otomatis dengan relai.



Tabel 19. Perbandingan Kinerja 2 Mesin Pengering Elektrik Otomatis

Suhu	Mesin Pengering Elektrik Otomatis Dengan Model Dimmer Berbasis ATmega16A			Mesin Pengering Elektrik Otomatis Dengan Relai		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (s)
30°C - 40°C	220	1,7	70	220	1,7	68
30°C - 50°C	220	1,7	100	220	1,7	95
30°C - 60°C	220	1,7	130	220	1,7	120
60°C	70	0,54	-	220	1,7	-
Waktu untuk mencapai suhu 60°C	2 menit 10 detik			2 menit		

Pada mesin pengering elektrik otomatis dengan model *dimmer* berbasis ATmega16A suhu pengeringan akan mengalami kenaikan melebihi 60°C saat proses pengeringan pertama kali dilakukan. Ketika suhu melebihi 60°C, pemanas (*heater*) akan *off* selama 5 menit untuk menyesuaikan besarnya suhu dengan *setpoint* (suhu acuan) yang besarnya 60°C. Setelah suhu sesuai dengan *setpoint* (suhu acuan) yang besarnya 60°C, maka proses pengeringan akan bekerja dengan stabil/konstan pada suhu tersebut. Dengan hal ini, apabila digunakan selama 30 menit energi yang dikeluarkan oleh mesin pengering elektrik otomatis dengan model *dimmer* berbasis ATmega16A sebesar:

$$W = V \times I \times t$$

- Besarnya energi listrik ketika arus 1,7A

$$W = 220 \times 1,7 \times 130 = 48.620 \text{ Joule}$$

- Besarnya energi listrik ketika arus 0,54A

$$W = 70 \times 0,54 \times 1370 = 51.786 \text{ Joule}$$

Maka, besarnya energi listrik yang dikeluarkan sebesar:

$$W = 48.620 + 51.786 = 100.406 \text{ Joule}$$

Pada mesin pengering elektrik otomatis dengan model relai ketika suhu telah mencapai *setpoint* (suhu acuan) yang besarnya  $60^{\circ}\text{C}$ , maka pemanas (*heater*) akan *off* selama 7 menit dan akan kembali *on* (bekerja) ketika suhu kurang dari *setpoint* (suhu acuan). Jika digunakan selama 30 menit energi yang dikeluarkan oleh mesin pengering elektrik otomatis dengan model relai sebesar:

$$W = V \times I \times t$$

$$W = 220 \times 1,7 \times 540 = 201.960 \text{ Joule}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, energi listrik yang dikeluarkan oleh mesin pengering elektrik otomatis dengan model *dimmer* berbasis ATmega16A dalam proses pengeringan daun mengkudu memiliki nilai yang lebih kecil. Sehingga dalam pemakaiannya dapat menghemat energi listrik sebesar:

$$W = 201.960 - 100.406 = 101.554 \text{ Joule}$$

Pada mesin pengering elektrik otomatis dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A cara kerja yang digunakan adalah dengan melakukan pengurangan masukan tegangan dan arus secara otomatis ketika mendekati suhu acuan atau *setpoint*. Ketika suhu mendekati suhu acuan atau *setpoint* maka nilai tegangan dan arus akan mengecil/turun, sedangkan ketika suhu kurang dari suhu acuan atau *setpoint* maka nilai tegangan dan arus akan membesar/naik.

Kenaikan atau penurunan tegangan dan arus akan mengakibatkan besar kecilnya suatu daya yang dihasilkan Hal ini dapat dilihat pada hasil perhitungan di bawah ini:

1. Suhu 40<sup>0</sup>C

$$W = V \times I$$

Pada suhu 40<sup>0</sup>C tegangan yang terukur sebesar 220V, sehingga

$$W = 220V \times 1,7A = 374W$$

2. Suhu 50<sup>0</sup>C

$$W = V \times I$$

Pada suhu 50<sup>0</sup>C tegangan yang terukur sebesar 220V, sehingga

$$W = 220V \times 1,7A = 374W$$

3. Suhu 60<sup>0</sup>C

$$W = V \times I$$

Pada suhu 60<sup>0</sup>C tegangan yang terukur sebesar 70V, sehingga

$$W = 70V \times 0,54A = 37,8W$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, ketika tegangan dan arus semakin besar, maka daya yang diserap akan semakin besar. Jika tegangan dan arus semakin kecil, maka daya yang diserap akan semakin kecil. Karena alat ini berfungsi untuk dapat mempertahankan suhu acuan atau *setpoint* sebesar 60<sup>0</sup>C, maka besarnya daya pada suhu tersebut hanya sebesar 37,8W.

Besarnya biaya energi listrik yang dikeluarkan untuk mengeringkan daun mengkudu dalam pembuatan aditif pakan organik untuk unggas tergantung dari besarnya daya yang diserap. Besarnya pengeluaran biaya energi listrik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Biaya pembayaran energi listrik yang dikeluarkan =

$(\text{Daya} \times \text{Lama waktu pemanasan}) \times \text{biaya pembayaran listrik per kWh}$

Berdasarkan rumus di atas, ketika semakin besar daya yang diserap oleh suatu alat maka biaya pembayaran energi listrik yang dikeluarkan akan semakin besar, sedangkan ketika daya yang diserap oleh suatu alat semakin kecil maka biaya pembayaran energi listrik yang dikeluarkan akan semakin kecil. Dari hasil perbandingan kinerja 2 mesin pengering elektrik otomatis di atas, bahwa mesin pengering elektrik otomatis dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A memiliki daya yang lebih kecil jika dibandingkan dengan mesin pengering elektrik otomatis dengan relai. Sehingga ketika mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A digunakan dalam proses pengeringan daun mengkudu, alat ini dapat bekerja secara hemat energi dan dapat meminimalisir biaya yang dikeluarkan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uraian proses pembuatan proyek akhir alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A yang meliputi perancangan, proses pembuatan, dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini menggunakan rancangan dengan langkah – langkah antara lain analisis kebutuhan sistem, konsep rancangan, pembuatan, dan pengujian. Alat ini terdiri atas komponen – komponen penting yaitu mekanik, catu daya, sistem kontrol, *zero crossing detector*, *TRIAC voltage controller*, *LED seven segment*, sensor suhu LM35, dan *push button*.
2. Alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini jika digunakan dalam proses pengeringan daun mengkudu tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan akan selalu berubah – ubah tergantung dari pembacaan sensor suhu terhadap suhu pengeringan. Ketika suhu yang terbaca mendekati *setpoint* atau suhu acuan, maka tegangan, arus, dan daya akan semakin kecil, tetapi jika suhu yang terbaca kurang dari *setpoint* atau suhu acuan

maka tegangan, arus, dan daya akan semakin besar. Alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A ini membutuhkan waktu 2 menit 10 detik untuk mencapai suhu 60°C, sedangkan untuk mengeringkan daun mengkudu alat ini membutuhkan waktu 4 jam 30 menit dengan daya sebesar 37,8 Watt. Jika dibandingkan dengan mesin pengering elektrik otomatis model relai, mesin pengering elektrik otomatis dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A dapat menghemat energi listrik sebesar 101.554 Joule.

## **B. Keterbatasan Alat**

Setelah melakukan pengujian pada alat pengendali suhu otomatis pada mesin pengering elektrik dengan model *dimmer* (peredupan) berbasis ATmega16A masih memiliki banyak keterbatasan, antara lain:

1. Bentuk mekanik dari box kemasan dirasa masih kurang minimalis.
2. Alat ini tidak menggunakan *LCD* yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan suhu sehingga huruf dan angka yang ditampilkan sangat terbatas.

## **C. Saran**

Berdasarkan kendala – kendala yang penulis alami saat penelitian, maka penulis akan memberikan beberapa saran. Berikut saran penulis untuk pengembangan dan perbaikan dari alat ini di masa yang akan datang:

1. Bentuk mekanik dari box kemasan alat yang perlu diminimaliskan lagi agar lebih menarik dan lebih sederhana dengan cara menggabungkan seluruh rangkaian dalam satu PCB.
2. Mengganti *LED seven segment* dengan *LCD* agar apa yang akan ditampilkan dapat maksimal dan tidak dibatasi oleh jumlah huruf atau angka seperti pada *LED seven segment*.

## DAFTAR PUSTAKA

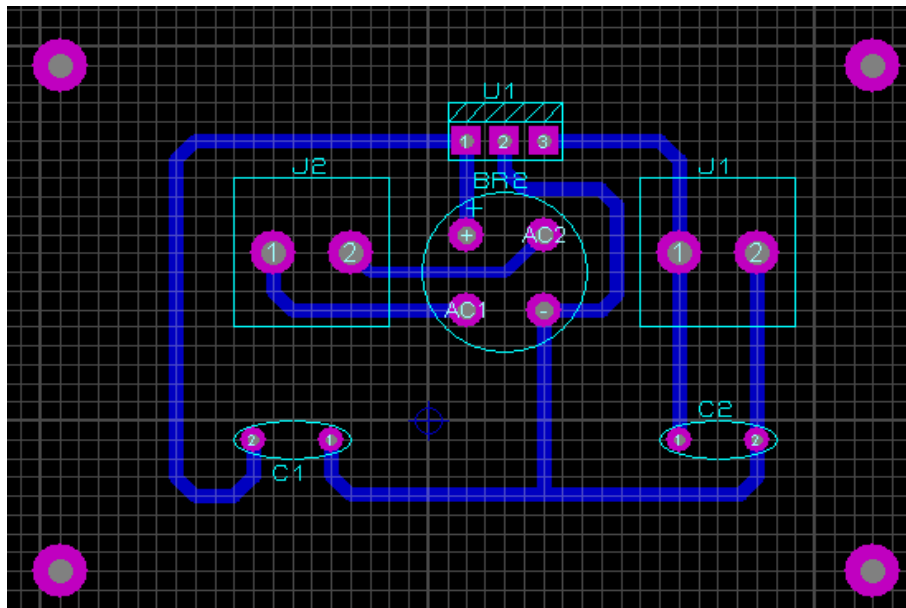
- Ahmad, Jayadin. (2007). *ELDAS Ilmu Elektronika*. Diakses pada tanggal 25 Februari 2016, dari <http://robby.c.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/8011/eldas.pdf>
- Anonim. (2016). *Rangkaian Dimmer*. Diakses pada tanggal 25 Maret 2016, dari <http://www.rangkaianelektronika.org/rangkaian-dimmer.htm>
- Atmel. (2008). *ATmega16A*. Diakses pada tanggal 25 Februari 2016, dari <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>
- Bagus, Hari S. (2012). *Pemrograman Mikrokontroler Dengan Bahasa C*. Yogyakarta: Andi Offset
- Djarmiko, Istanto W. (eds). (2013). *Pedoman Penyusunan Tugas Akhir Skripsi*. Yogyakarta: UNY
- Gupta, A., Thakur, R., & Murarka, S. (2012). *A Review on Zero Crossing Detector*. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi*. 4. Hlm. III-336.
- Herlan dan Brilliant Adhi Prabowo. (2009). *Rangkaian Dimmer Pengatur Iluminasi Lampu Pijar Berbasis Internally Triggered TRIAC*. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi*. 1-2. Hlm. III-14.
- Kho, Dickson. (2015). *Pengertian Seven Segment Display (Layar Tujuh Segmen)*. Diakses pada tanggal 1 Maret 2016, dari <http://teknikelektronika.com/pengertian-seven-segment-display-layar-tujuh-segmen/>
- Santoso, Hari. (2015). *Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula*. Diakses pada tanggal 25 April 2016, dari <http://www.elangsakti.com/2015/07/ebook-gratis-belajar-arduino-pemula.html>



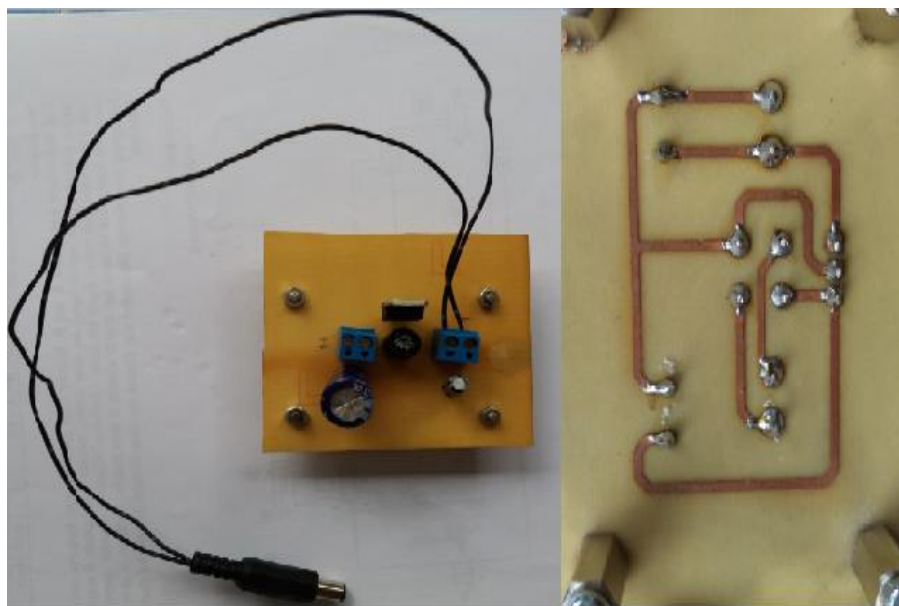
- Setiawan, Afrie. (2011). *20 Aplikasi Mikrokontroler ATmega16A Menggunakan BASCOM-AVR*. Yogyakarta: Andi Offset
- Sigmatone. (2015). *TRIAC Switch To Control High Voltage Devices*. Diakses pada tanggal 3 Maret 2016, dari [http://www.sigmatone.com/circuits/electronic\\_lock/triac\\_switch\\_to\\_control\\_high\\_voltage\\_devices.htm](http://www.sigmatone.com/circuits/electronic_lock/triac_switch_to_control_high_voltage_devices.htm)
- Sunomo. (1996). *Elektronika II*. Yogyakarta: IKIP Yogyakarta
- Sunyoto. (1996). *Transformator*. Yogyakarta: IKIP Yogyakarta
- Surjono, Herman D. (1996). *Elektronika: Teori Dan Terapan*. Yogyakarta: IKIP Yogyakarta
- Syahrul. (2014). *Pemrograman Mikrokontroler AVR Bahasa Assembly Dan C*. Bandung: Informatika
- Wardoyo, S., dan Pramudyo, Anggoro S. (2015). *Pengantar Mikrokontroler Dan Aplikasi Pada Arduino*. Yogyakarta: Teknosain
- Visionics. (1983). *Zero Crossing Detector*. Diakses pada tanggal 2 Maret 2016, dari <http://www.visionics.a.se/html/curriculum/Experiments/Zero%20Crossing%20Detector/Zero%20Crossing%20Detector1.html>

# LAMPIRAN

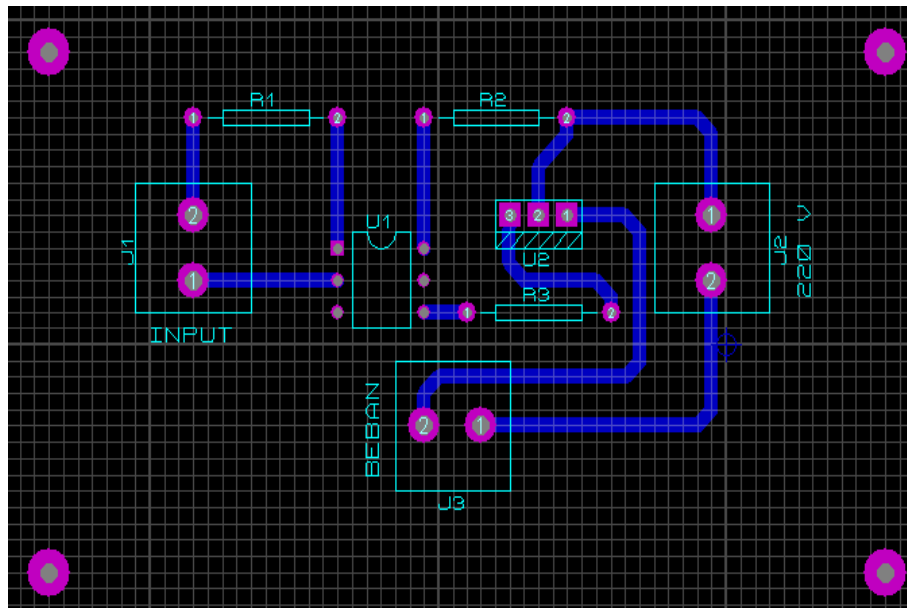
Lampiran 1. Rangkaian Catu Daya 5V Pada Aplikasi *ARES Proteus*



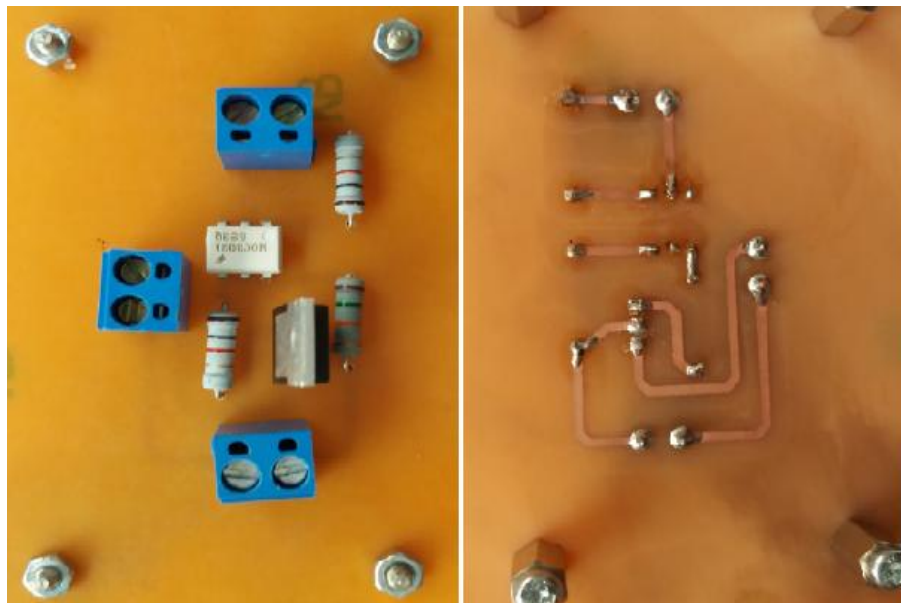
Lampiran 2. Susunan Komponen Rangkaian Catu Daya 5V Pada PCB



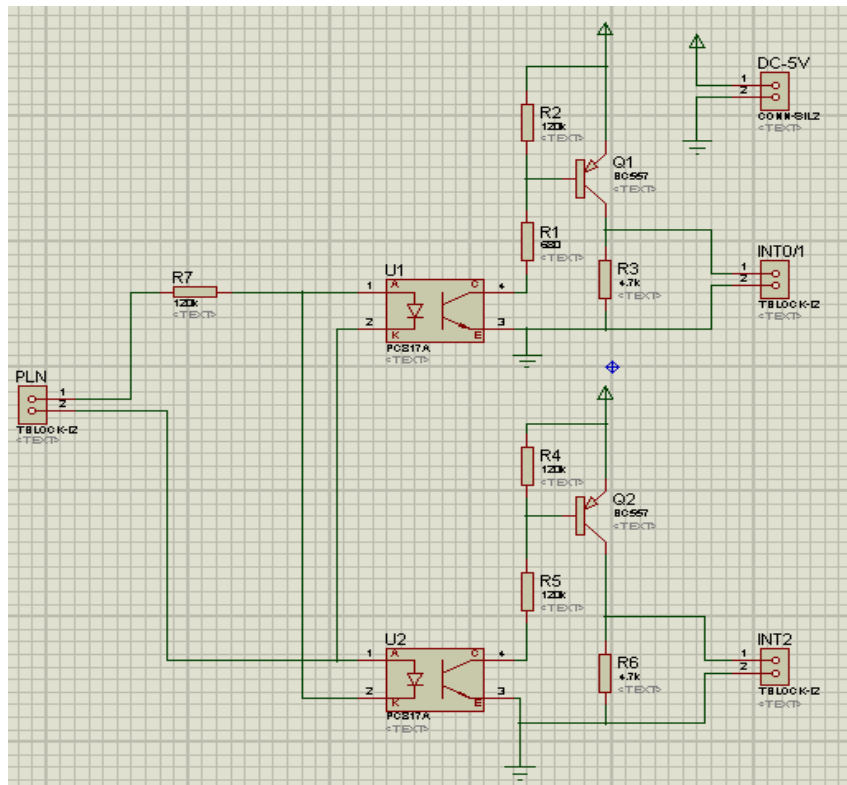
Lampiran 3. Rangkaian *TRIAC Voltage Controller* Pada Aplikasi *ARES Proteus*



Lampiran 4. Susunan Komponen Rangkaian *TRIAC Voltage Controller* Pada PCB



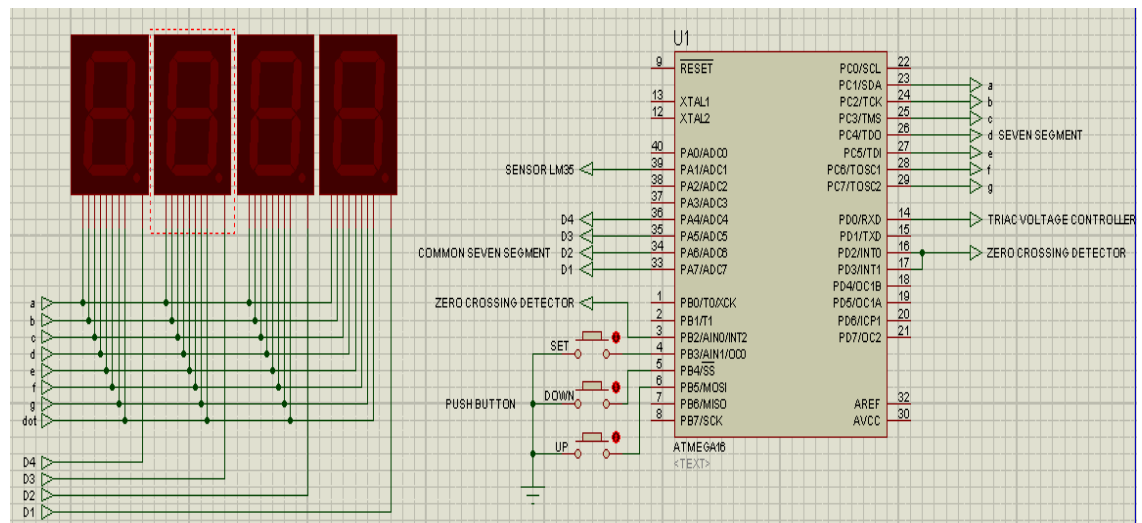
Lampiran 5. Rangkaian *Zero Crossing Detector* Pada Aplikasi *ISIS Proteus*



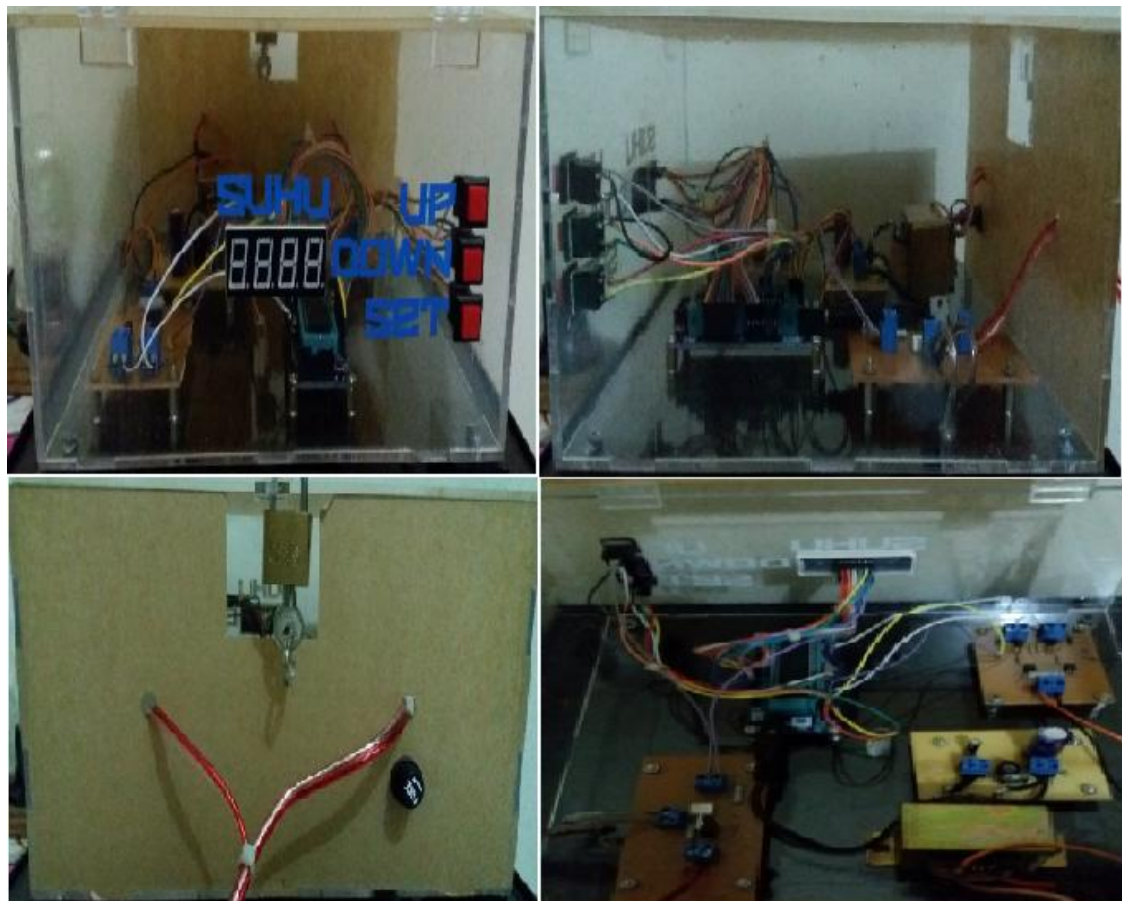
Lampiran 6. Susunan Komponen Rangkaian *Zero Crossing Detector* Pada PCB



Lampiran 7. Susunan *Port Input dan Output* Pada Mikrokontroler ATmega16A



Lampiran 8. Bentuk Fisik Dari Box Kontroler





#### Lampiran 9. Pengambilan Data



#### Lampiran 10. Program Mikrokontroler ATmega16A Dengan *Software Codevision AVR*

/\*\*\*\*\*

This program was produced by the  
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard  
Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 22/04/2016

Author : PerTic@n

Company : If You Like This Software,Buy It

Comments:

Chip type : ATmega16A

Program type : Application

AVR Core Clock frequency: 16,000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 256

\*\*\*\*\*/

```
#include <mega16a.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#define triac PORTD.0
```

```
EEPROM unsigned int data_KP;
```

```
unsigned int  
nilai_pwm1,siklus=0,siklus1=0,sik_lamp=0,data_periode=0,frequency,T_lamp,dt_  
Ttriac;
```

```
int  
error1=0,SP1=0,PV1=0,P1=0,KP1=1,I1=0,I2=0,rate1=0,last_error1=0,D1=0,MV1  
=0,data_temp,ribuan,ratusan,puluhan, satuan, data_suhu;
```

```
float Ki=0.3,Kd=0.8;
```

```
unsigned long int usec,msec,sec;
```

```
unsigned int msec2,sec2,indeks_bottom=0,msec3;
```



```

unsigned char
angka[10]={0b01111110,0b00001100,0b10110110,0b10011110,0b11001100,0b
11011010,0b11111010,0b00001110,0b11111110,0b11011110};

```

```

int i,temp3=0,tanda_arus=0,sec1=0,indeks=0,suhu,period_compare=0;

```

```

int timer_arus=0,arus_adc[20];

```

```

unsigned int temp,temp1=0,temp2,array_arus=0,konst=5;

```

```

// Voltage Reference: AREF pin

```

```

// #define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (0<<REFS0) | (1<<ADLAR))

```

```

#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (0<<REFS0) | (0<<ADLAR))

```

```

// Read the 8 most significant bits

```

```

// of the AD conversion result

```

```

unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)

```

```

{

```

```

    ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;

```

```

    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage

```

```

    delay_us(10);

```

```

    // Start the AD conversion

```

```

    ADCSRA|=(1<<ADSC);

```

```

    // Wait for the AD conversion to complete

```

```

    while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);

```

```

    ADCSRA|=(1<<ADIF);

```

```

    return ADCW;

```

```

}

```

```

// External Interrupt 0 service routine

```

```

interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)

```

```

{

```

```

    // interrupt rasing deteksi sinyal pln positif

```

```

if(PIND.2==1 && PINB.4==1){msec=0;siklus=1;T_lamp=0;sik_lamp=1;}
}

// External Interrupt 1 service routine
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
{
// interrupt falling deteksi sinyal pln negativ/nol 1/2 gelombang
if(PIND.3==0 && siklus==1 && PINB.4==1){siklus=2;}
}

//
interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
// deteksi sinyal pln negativ/nol 1 gelombang penuh
if(PINB.2==0 && siklus1==1)
{frequency=(unsigned int)((float)msec/3.04);
data_periode=msec;
dt_Ttriac=T_lamp;//data lebar datanya triac
triac=0;T_lamp=0;sik_lamp=0;
siklus=3;siklus1=0;
}
}

// Timer1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer1 value 1/10000 =100us
//FFF0 1/6
//FF60 1/5
TCNT1H=0xFFF0 >> 8;

```

```

TCNT1L=0xFFFF0 & 0xff;

// Place your code here

if(++usec>=10000)
{
    if(++sec>=9){sec=0;}
    if(++sec1>=10){sec1=0;}
    usec=0;
}

if(siklus==1){msec=msec + 1;}

if(siklus==2 && PINB.2==1){msec=msec + 1;siklus1=1;}

if(sik_lamp==1)
{
    //minimum periode 15
    if(indeks>=0 && indeks<=2)
    {
        if((data_periode - konst)<= nilai_pwm1){period_compare=(data_periode - konst);}
        else{period_compare=nilai_pwm1;}
    }
    if(T_lamp>=(data_periode - period_compare)){triac=1;sik_lamp=2;}
    T_lamp=T_lamp + 1;
}

if(sik_lamp==2)
{
    if(T_lamp>=data_periode)
    {
        triac=0;//T_lamp=0;
        dt_Ttriac=T_lamp;sik_lamp=0;
    }
    T_lamp=T_lamp + 1;
}

if(++msec2>=10000)
{
    if(++sec2>=60){sec2=0;}
}

```

```

    if(indeks_button==1 && sec2>0){indeks_button=2;msec3=0;}

    msec2=0;

}

//timer seting suhu

if(++msec3>=200 && indeks_button==2)

{if(indeks==1)

    {if(!PINB.6){++suhu;if(suhu>=100){suhu=0;}}

    if(!PINB.5){--suhu;if(suhu<0){suhu=99;}}

    }

    msec3=0;

}

}

void segment_freq();

void ambil_data_setpoint();

void segment_suhu();

void pid_prog();


//subrutin seting suhu//

void set_KP()

{if(suhu<0){suhu=0;}

suhu=data_KP;

if(!PINB.6)

    {++suhu;if(suhu>=100){suhu=0;};indeks_button=1;msec2=0;sec2=0;

    delay_us(50);

    if(!PINB.6)

        {while(!PINB.6)

            {data_temp = suhu;

            ambil_data_setpoint();

```

```

        segment_suhu();
        if(suhu>=100){suhu=0;}
    };
}
data_KP=suhu;
indeks_bottom=0;
delay_us(50);
}
if(!PINB.5)
{ --suhu;indeks_bottom=1;msec2=0;sec2=0;
delay_us(50);
if(!PINB.5)
{while(!PINB.5)
{data_temp = suhu;
ambil_data_setpoint();
segment_suhu();
if(suhu<0){suhu=99;}
};
}
data_KP=suhu;
indeks_bottom=0;
delay_us(50);
}
data_temp = suhu;
ambil_data_setpoint();
segment_suhu();
}

void segment_suhu()

```

```

{
    PORTC=0b11110000;//mengirimkan t
    PORTA=0b11100000;//menyalakan digit3
    delay_ms(1);

    PORTC=0b00010010;//mengirimkan huruf =
    PORTA=0b11010000;//menyalakan digit4
    delay_ms(1);

    PORTC=angka[puluhan];//mengirimkan data puluhan
    PORTA=0b10110000;//menyalakan digit2
    delay_ms(1);

    PORTC=angka[satuan];//mengirimkan data satuan
    PORTA=0b01110000;//menyalakan digit1
    delay_ms(1);
}

```

```

void tampil_7segment()

```

```

{

    PORTC=angka[puluhan];//mengirimkan data puluhan
    PORTA=0b11100000;//menyalakan digit3
    delay_ms(1);

    PORTC=angka[satuan];//mengirimkan data satuan
    PORTA=0b11010000;//menyalakan digit4
    delay_ms(1);

    PORTC=0b11000110;//mengirimkan derajat
    PORTA=0b10110000;//menyalakan digit2

```

```

    delay_ms(1);

    PORTC=0b01110010;//mengirimkan huruf celcius
    PORTA=0b01110000;//menyalakan digit1
    delay_ms(1);

    //lamanya waktu scanning ditentukan oleh intruksi delay
}

void segment_freq()
{
    PORTC=angka[ribuan];//mengirimkan data puluhan
    PORTA=0b11100000;//menyalakan digit3
    delay_ms(1);

    PORTC=angka[ratusan];//mengirimkan data satuan
    PORTA=0b11010000;//menyalakan digit4
    delay_ms(1);

    PORTC=angka[puluhan];//mengirimkan derajat
    PORTA=0b10110000;//menyalakan digit2
    delay_ms(1);

    PORTC=angka[satuan];//mengirimkan huruf celcius
    PORTA=0b01110000;//menyalakan digit1
    delay_ms(1);

    //lamanya waktu scanning ditentukan oleh intruksi delay

}

//subrutin sorting data adc//
void olah_adc()

```

```

{if(read_adc(1)>0)
{temp=read_adc(1);
if(temp1>=temp && array_arus>=0 && array_arus<=10 && tanda_arus==0)
{
    arus_adc[array_arus]=temp1;
    temp2=arus_adc[array_arus];
    array_arus=array_arus+1;
}
temp1=temp;timer_arus=1;sec1=0;
}
if(array_arus>10 && tanda_arus==0)
{for(i=0;i<=array_arus;i++)
{
    if(temp3<arus_adc[i]){temp3=arus_adc[i];}
}
tanda_arus=1;
}
if(tanda_arus==1)
{for(i=0;i<=array_arus;i++)
{
    if(arus_adc[i]>0){arus_adc[i]=0;}}
temp3=((temp3+temp2)/2);
array_arus=0;tanda_arus=0;
}
if(read_adc(1)==0 && sec1>2)
{temp=0;temp1=0;temp2=0;tanda_arus=0;temp3=0;
for(i=0;i<=array_arus;i++)
{
    if(arus_adc[i]>0){arus_adc[i]=0;}
}
timer_arus=0;array_arus=0;sec1=0;
}

```



```

}

//subrutin pemilihan segment yang akan ditampilkan

void data_freq()
{if(sec>=0 && sec<=2){data_temp=data_periode;}
  if(sec>=3 && sec<=5){data_temp=frequency;}

  satuan=data_temp%10;
  puluhan=(data_temp/10)%10;
  ratusan=(data_temp/100)%10;
  ribuan=(data_temp/1000)%10;

}

void ambil_data()
{
  data_temp=data_suhu;
  satuan=data_temp%10;
  puluhan=(data_temp/10)%10;
}

void ambil_data_setpoint()
{
  satuan=data_temp%10;
  puluhan=(data_temp/10)%10;
  ratusan=(data_temp/100)%10;
  ribuan=(data_temp/1000)%10;
}

void display()
{if(sec>=0 && sec<=5)
  {data_freq();
    segment_freq();
  }
}

```

```

    }
    if(sec>=6 && sec<=8)
    {ambil_data();
      tampil_7segment();
    }
  }
  void control_segment()
  {if(indeks==0)
    {ambil_data();
      tampil_7segment();
    }
    else if(indeks==1)
    {data_temp = suhu;
      ambil_data_setpoint();
      set_KP();
    }
    else if(indeks==2)
    {display();
    }
  }
  void main(void)
  {
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization

    // Port A initialization

    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
    Func0=In

    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

    PORTA=0xF0;
  }

```

```

DDRA=0xF0;

// Port B initialization

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTB=0xF0;

DDRB=0x00;

// Port C initialization

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTC=0x00;

DDRC=0xFF;

// Port D initialization

// Func7=In Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In

// State7=T State6=T State5=0 State4=0 State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTD=0x00;

DDRD=0x31;

// Timer/Counter 0 initialization

// Clock source: System Clock

// Clock value: Timer 0 Stopped

// Mode: Normal top=0xFF

// OC0 output: Disconnected

TCCR0=0x00;

TCNT0=0x00;

OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization

// Clock source: System Clock

// Clock value: 16000,000 kHz

```

```

// Mode: Fast PWM top=ICR1
// OC1A output: Non-Inv.
// OC1B output: Non-Inv.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0xA2;
TCCR1B=0x19;
TCNT1H=0xFF;
TCNT1L=0xF0;
ICR1H=0x07;
ICR1L=0xD0;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

```

```

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: Rising Edge
// INT1: On
// INT1 Mode: Falling Edge
// INT2: On
// INT2 Mode: Falling Edge
GICR|=0xE0;
MCUCR=0x0B;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0xE0;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x04;
// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 1000.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;

```

```

ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) | (0<<ADIF) | (0<<ADIE) |
(0<<ADPS2) | (1<<ADPS1) | (1<<ADPS0);

SFIOR=(0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) | (0<<ADTS0);

// SPI initialization

// SPI disabled

SPCR=0x00;

// TWI initialization

// TWI disabled

TWCR=0x00;

// Global enable interrupts

#asm("sei")

triac=0;

if(data_KP<=0){data_KP=0;}

if(data_KP>121){data_KP=120;}

SP1=data_KP;

delay_us(50);

while (1)

{

    olah_adc();

    if(temp3<55)

        {PV1=(unsigned int)((float)temp3/1.8846153846153846153846153846154);

        data_suhu=(unsigned
int)((float)temp3/1.8846153846153846153846153846154);

        }

    if(temp3>=55 && temp3<57)

        {PV1=(unsigned int)((float)temp3/2);

        data_suhu=(unsigned int)((float)temp3/2);

        }

    if(temp3>=57 && temp3<79)

```

```

{PV1=(unsigned int)((float)temp3/1.9666666666666666666666666666667);
  data_suhu=(unsigned
int)((float)temp3/1.9666666666666666666666666666667);

  }//30

if(temp3>=79 && temp3<96)

{PV1=(unsigned int)((float)temp3/1.975);
  data_suhu=(unsigned int)((float)temp3/1.975);

  }//40Celcius

if(temp3>=96 && temp3<116)

{PV1=(unsigned int)((float)temp3/1.9166666666666666666666666666667);
  data_suhu=(unsigned
int)((float)temp3/1.9166666666666666666666666666667);

  }//50

if(temp3>=116 && temp3<=121)

{PV1=(unsigned int)((float)temp3/1.9047619047619047619047619047619);
  data_suhu=(unsigned
int)((float)temp3/1.9047619047619047619047619047619);

  }//60

if(temp3>=122 && temp3<127)

{PV1=(unsigned int)((float)temp3/2);
  data_suhu=(unsigned int)((float)temp3/2);

  }//70

if(temp3>=127 && temp3<148)

{PV1=(unsigned int)((float)temp3/2.0819672131147540983606557377049);
  data_suhu=(unsigned
int)((float)temp3/2.0819672131147540983606557377049);

  }//80

if(temp3>=148 && temp3<=175)

{PV1=(unsigned int)((float)temp3/2.0897435897435897435897435897436);
  data_suhu=(unsigned
int)((float)temp3/2.0897435897435897435897435897436);

```

```

    }//90

    if(temp3>=176)

        {PV1=(unsigned int)((float)temp3/2.1395348837209302325581395348837);

        data_suhu=(unsigned
int)((float)temp3/2.1395348837209302325581395348837);

        }//100

    pid_prog();

    if(MV1<0){nilai_pwm1=(unsigned int)((float)(MV1*(-
1))*3.5714285714285714285714285714286);}

    else nilai_pwm1=(unsigned
int)((float)MV1*3.5714285714285714285714285714286);

    // display();//

    if(!PINB.4)// pin set menu

        {if(++indeks>=2)

            {data_KP=suhu;SP1=(data_KP+5);

if((data_KP+2)<=data_suhu){error1=0;P1=0;I1=0;last_error1=0;rate1=0;D1=0;MV
1=0;}

            indeks=0;delay_us(50);

        }

        if(indeks==3){period_compare=0;}

        delay_us(50);

        if(!PINB.4)

            {while(!PINB.4)

                {control_segment();

            }

            }

        };

    // if(!PINB.4){triac=1;}

    control_segment();

    // last_error1=error1;

```



```

    }
}

void pid_prog()
{
    //Ki=0.3,Kd=0.8
    if((data_KP+5)<data_suhu){error1=0;P1=0;I1=0;last_error1=0;rate1=0;D1=0;MV1=0;}
    if((data_KP+5)>=data_suhu)
    {
        error1=SP1-PV1;
        P1=KP1*error1;
        I2= I1+error1;
        I1= ((float)I2*Ki);
        rate1=error1-last_error1;
        D1=((float)rate1*Kd);
        last_error1=error1;
        MV1=P1+I1+D1;
    }
}

```